COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT-SOIXANTE-DIXIÈME.

JANVIER — JUIN 1920.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1920

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1920

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs:

JORDAN (Marie-Ennemond-Camille), O. ✻.
APPELL (Paul-Émile), G. O. ✻.
PAINLEVÉ (Paul), ✻.
HUMBERT (Marie-Georges), O. ✻.
HADAMARD (Jacques-Salomon), ✻.
GOURSAT (Édouard-Jean-Baptiste), ✻.

Section II. — *Mécanique.*

BOUSSINESQ (Joseph-Valentin), O. ✻.
SEBERT (Hippolyte), C. ✻.
VIEILLE (Paul-Marie-Eugène), G. O. ✻.
LECORNU (Léon-François-Alfred), O. ✻.
KŒNIGS (Paul-Xavier-Gabriel), ✻.
N. . . . .

Section III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (Henri-Alexandre), O. ✻.
BIGOURDAN (Guillaume), O. ✻.
BAILLAUD (Édouard-Benjamin), C. ✻.
HAMY (Maurice-Théodore-Adolphe), ✻.
PUISEUX (Pierre-Henri), ✻.
ANDOYER (Marie-Henri), ✻.

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

GRANDIDIER (Alfred), O. ✻.
BERTIN (Louis-Émile), C. ✻.
LALLEMAND (Jean-Pierre, *dit* Charles), O. ✻.
FOURNIER (François-Ernest), G. C. ✻, ✻.
BOURGEOIS (Joseph-Émile-Robert), G. O. ✻.
FAVÉ (Louis-Eugène-Napoléon), C. ✻.

SECTION V. — *Physique générale.*

LIPPMANN (Jonas-Ferdinand-Gabriel), G. O. ✻.
VIOLLE (Louis-Jules-Gabriel), O. ✻.
BOUTY (Edmond-Marie-Léopold), O. ✻.
VILLARD (Paul), ✻.
BRANLY (Désiré-Eugène-Édouard), ✻.
BERTHELOT (Paul-Alfred-Daniel).

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

GAUTIER (Émile-Justin-Armand), C. ✻.
LEMOINE (Clément-Georges), O. ✻.
HALLER (Albin), G. O. ✻.
LE CHATELIER (Henry-Louis), C. ✻.
MOUREU (François-Charles-Léon), O. ✻.
BOURQUELOT (Élie-Émile), ✻.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (Charles-Eugène), O. ✻.
DOUVILLÉ (Joseph-Henri-Ferdinand), O. ✻.
WALLERANT (Frédéric-Félix-Auguste), ✻.
TERMIER (Pierre-Marie), O. ✻.
LAUNAY (Louis-Auguste-Alphonse DE), O. ✻.
HAUG (Gustave-Émile), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

GUIGNARD (Jean-Louis-Léon), O. ✻.
BONNIER (Gaston-Eugène-Marie), O. ✻.
MANGIN (Louis-Alexandre), C. ✻.
COSTANTIN (Julien-Noël), ✻.
LECOMTE (Paul-Henri), ✻.
DANGEARD (Pierre-Augustin-Clément), ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

ROUX (Pierre-Paul-Émile), G. O. ✻.
SCHLŒSING (Alphonse-Théophile), O. ✻.
MAQUENNE (Léon-Gervais-Marie), ✻.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-Emmanuel), O. ✻.
VIALA (Pierre), O. ✻.
N. . . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

RANVIER (Louis-Antoine), O. ✻.
PERRIER (Jean-Octave-Edmond), C. ✻.
DELAGE (Marie-Yves), O. ✻.
BOUVIER (Louis-Eugène), O. ✻.
HENNEGUY (Louis-Félix), O. ✻.
MARCHAL (Paul-Alfred), ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

GUYON (Casimir-Jean-Félix), C. ✻.
ARSONVAL (Jacques-Arsène D'), C. ✻.
LAVERAN (Charles-Louis-Alphonse), C. ✻.
RICHET (Robert-Charles), C. ✻.
QUÉNU (Édouard-André-Victor-Alfred), C. ✻.
WIDAL (Fernand-Georges-Isidore), C. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-Émile), C. *, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-Alfred), O. *, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

FREYCINET (Louis-Charles DE SAULSES DE), O. *.
HATON DE LA GOUPILLIÈRE (Julien-Napoléon), G. O. *.
CARNOT (Marie-Adolphe), C. *.
BONAPARTE (le prince Roland).
CARPENTIER (Jules-Adrien-Marie-Louis), C. *.
TISSERAND (Louis-Eugène), G. O. *.
BLONDEL (André-Eugène), O. *.
GRAMONT (le comte Antoine-Alfred-Arnaud-Xavier-Louis DE), *.
FOCH (le maréchal Ferdinand), G. C. *, ✠.
JANET (Paul-André-Marie), *.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (Paul), O. *, à Toulouse.
GOUY (Louis-Georges), *, à Lyon.
DEPÉRET (Charles-Jean-Julien), *, à Lyon.
FLAHAULT (Charles-Henri-Marie), O. *, à Montpellier.
KILIAN (Charles-Constant-Wilfrid), *, à Grenoble.
COSSERAT (Eugène-Maurice-Pierre), à Toulouse.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

LEBLANC (Charles-Léonard-Armand-Maurice), *, à Paris.
RATEAU (Camille-Edmond-Auguste), *, à Paris.
CHARPY (Augustin-Georges-Albert), *, à Paris.
CHARDONNET (le comte Louis-Marie-Hilaire BERNIGAUD DE), *, à Paris.
LUMIÈRE (Louis-Jean), O. *, à Lyon.
N. . . . .

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

ALBERT Ier (S. A. S.), prince souverain de Monaco, G. C. ✻.
VAN DER WAALS (Joannes Diderik), à Amsterdam.
LANKESTER (sir Edwin Ray), à Londres.
LORENTZ (Hendrik Antoon), à Haarlem (Pays-Bas).
SCHWENDENER (Simon), à Berlin.
GEIKIE (sir Archibald), O. ✻, à Haslemere, Surrey.
VOLTERRA (Vito), à Rome.
HALE (George Ellery), à Mount Wilson Observatory (Californie).
THOMSON (sir Joseph John), à Cambridge (Angleterre).
WALCOTT (Charles Doolittle), à Washington.
N. . . . .
N. . . . .

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

SCHWARZ (Hermann Amandus), à Grünewald, près de Berlin.
ZEUTHEN (Hieronymus Georg), à Copenhague.
MITTAG-LEFFLER (Magnus Gustaf), C. ✻, à Djursholm (Suède).
NŒTHER (Max), à Erlangen.
GUICHARD (Claude), à Paris.
HILBERT (David), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (Charles-Jean-Gustave-Nicolas DE), à Louvain.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SECTION II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

VALLIER (Frédéric-Marie-Emmanuel), O. ✻, à Versailles.
WITZ (Marie-Joseph-Aimé), à Lille.
LEVI-CIVITA (Tullio), à Rome.
VOIGT (Waldemar), à Göttingen.
BOULVIN (Jules), à Gand.
SCHWOERER (Émile), ✻, à Colmar.
SPARRE (le comte Magnus-Louis-Marie DE), à Lyon.
PARENTY (Henry-Louis-Joseph), ✻, à Paris.
ARIÈS (Louis-Marie-Joseph-Emmanuel), O. ✻, à Versailles.
WADDELL (John Alexander Low), à Kansas City, Missouri.

SECTION III. — *Astronomie* (16).

LOCKYER (sir Joseph Norman), à Sidmouth, Angleterre.
STEPHAN (Jean-Marie-Édouard), O. ✻, à Marseille.
VAN DE SANDE BAKHUYZEN (Hendrik Gerardus), C. ✻, à Leyde (Hollande).
CHRISTIE (sir William Henry Mahoney), à Down, Angleterre.
GAILLOT (Jean-Baptiste-Aimable), O. ✻, à Chartres, Eure-et-Loir.
TURNER (Herbert Hall), à Oxford.
KAPTEYN (Jacobus Cornelius), ✻, à Groningue.
VERSCHAFFEL (Aloys), à Abbadia, Basses-Pyrénées.
LEBEUF (Auguste-Victor), ✻, à Besançon.
DYSON (sir Frank Watson), à Greenwich.
GONNESSIAT (François), ✻, à Alger.
CAMPBELL (William Wallace), à Mount Hamilton, Californie.
FABRY (Louis), à Marseille.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

TEFFÉ (le baron DE), à Pétropolis, Brésil.
NANSEN (Fridtjof), C. ✻, à Lysaker, Norvège.

Messieurs :

COLIN (Édouard-Élie), à Tananarive.
HEDIN (Sven Anders), C. ✻, à Stockholm.
HILDEBRAND HILDEBRANDSSON (Hugo), O. ✻, à Upsal.
DAVIS (William Morris), ✻, à Cambridge, Massachusetts.
AMUNDSEN (Roald), G. O. ✻, à Kristiania.
TILHO (Jean-Auguste-Marie), O. ✻, à Paris.
LECOINTE (Georges), ✻, à Uccle, Belgique.
WATTS (sir Philip), à Londres.

SECTION V. — *Physique générale* (10).

BLONDLOT (Prosper-René), O. ✻, à Nancy.
MICHELSON (Albert Abraham), à Chicago.
BENOÎT (Justin-Miranda-René), O. ✻, à Courbevoie.
GUILLAUME (Charles-Édouard), O. ✻, à Sèvres.
ARRHENIUS (Svante August), à Stockholm.
RIGHI (Augusto), à Bologne.
MATHIAS (Émile-Ovide-Joseph), à Clermont-Ferrand.
N. . . . .
N. . . . .
N. . . . .

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-Robert DE), ✻, à Montpellier.
GUYE (Philippe-Auguste), ✻, à Genève.
GUNTZ (Antoine-Nicolas), ✻, à Nancy.
GRAEBE (Carl), à Francfort-sur-le-Main.
BARBIER (François-Antoine-Philippe), O. ✻, à Bandol, Var.
CIAMICIAN (Giacomo), ✻, à Bologne.
GRIGNARD (François-Auguste-Victor), ✻, à Lyon.
WALDEN (Paul), à Riga.
SOLVAY (Ernest-Gaston), C. ✻, à Bruxelles.
PATERNÒ DI SESSA (le marquis Emanuele), G. O. ✻, à Rome.
N. . . . .

Section VII. — *Minéralogie* (10).

Messieurs :

Tschermak (Gustav), à Vienne, Autriche.
Œhlert (Daniel-Pauline), O. ✻, à Laval.
Brögger (Waldemar Christofer), C. ✻, à Kristiania.
Heim (Albert), à Zurich.
Lehmann (Otto), à Karlsruhe.
Grossouvre (Marie-Félix-Albert Durand de), O. ✻, à Bourges.
Becke (Friedrich Johann Karl), à Vienne, Autriche.
Friedel (Georges), ✻, à Grafenstaden, Alsace.
Bigot (Alexandre-Pierre-Désiré), à Caen, Calvados.
N. . . . .

Section VIII. — *Botanique* (10).

Pfeffer (Wilhelm Friedrich Philipp), à Leipzig.
Warming (Johannes Eugenius Bülow), à Copenhague.
Boudier (Jean-Louis-Émile), ✻, à Blois, Loir-et-Cher.
Engler (Heinrich Gustav Adolf), à Dahlem, près de Berlin.
De Vries (Hugo), à Lunteren (Pays-Bas).
Vuillemin (Jean-Paul), à Malzéville, Meurthe-et-Moselle.
Battandier (Jules-Aimé), à Alger.
Sauvageau (Camille-François), à Bordeaux.
N. . . . .
N. . . . .

Section IX. — *Économie rurale* (10).

Gayon (Léonard-Ulysse), O. ✻, à Bordeaux.
Winogradski (Serge), à Pétrograd.
Godlewski (Emil), à Cracovie.
Perroncito (Eduardo), O. ✻, à Turin.
Wagner (Paul), à Darmstadt.
Imbeaux (Charles-Édouard-Augustin), O. ✻, à Nancy.
Balland (Joseph-Antoine-Félix), O. ✻, à Saint-Julien, Ain.

Messieurs :

NEUMANN (Louis-Georges), O. ☼, à Saint-Jean-de-Luz, Basses-Pyrénées.
TRABUT (Louis), ☼, à Alger.
EFFRONT (Jean), à Bruxelles.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

SIMON (Eugène-Louis), ☼, à Paris.
LŒB (Jacques), à New-York.
RAMON CAJAL (Santiago), C. ☼, à Madrid.
BOULENGER (George-Albert), à Londres.
BATAILLON (Jean-Eugène), O. ☼, à Strasbourg.
CUÉNOT (Lucien-Claude), à Nancy.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-Albert), à Marseille.
BRACHET (Albert-Toussaint-Joseph), à Bruxelles.
LAMEERE (Auguste-Alfred-Lucien-Gaston), à Saint-Gilles-lez-Bruxelles, Belgique.
N. . . . .

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

CALMETTE (Léon-Charles-Albert), C. ☼, à Paris.
MANSON (sir Patrick), à Clonbur, Angleterre.
PAVLOV (Jean Petrovitch), à Pétrograd.
YERSIN (Alexandre-John-Émile), C. ☼, à Nha-Trang (Annam).
BERGONIÉ (Jean-Alban), O. ☼, à Bordeaux.
MORAT (Jean-Pierre), ☼, à Lyon.
DEPAGE (Antoine), à Bruxelles.
BRUCE (sir David), à Londres.
WRIGHT (sir Almroth Edward), à Londres.
N. . . . .

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JANVIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD, PUIS DE M. HENRI DESLANDRES.

M. **Léon Guignard**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres et les Correspondants pendant le cours de l'année 1919.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1920.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Le tome 165 (2e semestre de l'année 1917) est paru avec ses tables et a été mis en distribution.

Le tome 166 (1er semestre de l'année 1918) est paru avec ses tables et sera prochainement mis en distribution.

Les numéros des 2e semestre de l'année 1918, 1er et 2e semestres de l'année 1919 ont été mis en distribution, chaque semaine, avec la régularité habituelle.

Mémoires de l'Académie. — Le tome LVI, 2e série, est paru et a été mis en distribution.

Le tome LVII, 2e série, est sous presse.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la

fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835. — Le tome IX, années 1828-1831, et le tome X, années 1832-1835, sont sous presse.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1920 est paru et est mis en distribution au cours de cette séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1919.

Section d'Économie rurale. — M. **Schlœsing** père, le 8 février.

Associés étrangers. — Lord **Rayleigh**, à Witham, le 30 juin.

Membres élus depuis le 1er janvier 1919.

Section de Géométrie. — M. **Edouard Goursat**, le 19 mai, en remplacement de M. Emile Picard, élu Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.

Section d'Astronomie. — M. **Henri Andoyer**, le 30 juin, en remplacement de M. Wolf, décédé.

Section de Physique générale. — M. **Daniel Berthelot**, le 24 février, en remplacement de M. Amagat, décédé.

Section de Chimie. — M. **Émile Bourquelot**, le 2 juin, en remplacement de M. Jungfleisch, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **Pierre Viala**, le 3 février, en remplacement de M. Muntz, décédé.

Section de Médecine et de Chirurgie. — M. **Fernand Widal**, le 23 juin, en remplacement de M. Dastre, décédé.

Académiciens libres. — M. **Paul Janet**, le 8 décembre, en remplacement de M. Landouzy, décédé.

Membres non résidants. — M. **Wilfrid Kilian**, le 27 janvier, en remplacement de M. Duhem, décédé; M. **Eugène Cosserat**, le 31 mars, en remcement de M. Henry Bazin, décédé.

Division des applications de la science à l'industrie. — M. **Hilaire de Chardonnet**, le 12 mai; M. **Louis Lumière**, le 15 décembre.

Associés étrangers. — M. **George Ellery Hale**, à Mount Wilson Observatory, Californie, le 10 mars, en remplacement de M. Adolf von Baeyer; Sir **J. J. Thomson**, à Cambridge, Angleterre, le 17 novembre, en remplacement de M. Dedekind, décédé; M. **Ch. D. Walcott**, à Washington, le 24 novembre, en remplacement de M. Metchnikoff, décédé.

Membres à remplacer.

Section de Mécanique. — M. **Marcel Deprez**, mort le 14 octobre 1918.

Section d'Économie rurale. — M. **Schloesing** père, mort le 8 février 1919.

Division des applications de la science à l'industrie. — Une place de cette nouvelle division reste à pourvoir.

Sir **William Ramsay**, mort le 23 juillet 1916; lord **Rayleigh**, mort le 30 juin 1919.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1919.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Pickering**, à Cambridge, Massachusetts, le 3 février.

Pour la Section de Physique générale. — Sir **William Crookes**, à Londres, le 4 avril.

Pour la Section de Botanique. — M. **W. G. Farlow**, à Cambridge, Massachusetts, le 3 juin.

Pour la Section d'Anatomie et de Zoologie. — M. **Gustav Retzius**, à Stockholm, le 21 juillet.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Raphael Lépine**, à Menton, le 17 novembre.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1919.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Louis Fabry**, à Marseille, le 3 mars, en remplacement de M. Oskar Backlund, décédé.

Pour la Section de Physique générale. — M. **E. Mathias**, à Clermont-Ferrand, le 16 juin, en remplacement de M. Gouy, élu membre non résidant.

Pour la Section de Chimie. — M. **E. Paternò**, à Rome, le 7 juillet, en remplacement de M. Georges Charpy, élu membre de la division des applications de la science à l'industrie.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Alexandre Bigot**, à Caen, le 14 avril, en remplacement de M. Kilian, élu membre non résidant.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Jean Effront**, à Bruxelles, le 10 février, en remplacement de M. Emmanuel Leclainche, élu membre titulaire.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Géométrie. — M. **Vito Volterra**, à Rome, élu associé étranger le 3 décembre 1917; M. **Liapounoff**, mort à Pétrograd, le 3 novembre 1918; M. **Eugène Cosserat**, à Toulouse, élu membre non résidant, le 31 mars 1919.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Edmund Weiss**, mort à Vienne, le 21 juin 1917; M. **Pickering**, mort à Cambridge, Massachusetts, le 3 février 1919; M. **George Ellery Hale**, à Mount Wilson Observatory, Californie, élu associé étranger, le 10 mars 1919.

Pour la Section de Physique générale. — M. **Blaserna**, mort à Rome, le 26 février 1918; sir **William Crookes**, mort à Londres, le 4 avril 1919; sir **J. J. Thomson**, à Cambridge, Angleterre, élu associé étranger le 17 novembre 1919.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Ch. D. Walcott**, à Washington, élu associé étranger le 24 novembre 1919.

Pour la Section de Botanique. — M. **Charles Flahault**, à Montpellier, élu membre non résidant, le 25 février 1918; M. **W. G. Farlow**, mort à Cambridge, Massachusetts, le 3 juin 1919.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Gustaf Retzius**, mort à Stockholm, le 21 juillet 1919.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Raphaël Lépine**, mort à Menton, le 17 novembre 1919.

En prenant possession du fauteuil de la présidence, M. **Henri Deslandres** s'exprime en ces termes :

Messieurs, je suis heureux d'avoir tout d'abord à remercier en votre nom mon éminent prédécesseur, M. Guignard, qui a rempli la fonction avec un zèle, un tact, une bonne grâce vraiment remarquables. Je l'ai vu à l'œuvre et de très près et je me propose de l'imiter le mieux possible.

Je suis très sensible, mes chers Confrères, au grand honneur que vous m'avez fait en m'appelant à diriger vos travaux. C'est pour un savant une belle fin de carrière de présider l'Assemblée, qui résume en elle toute la science française, et a derrière elle un si magnifique passé.

Depuis sa réorganisation en 1795, l'Académie des Sciences a pris une importance toujours croissante; elle a suivi l'ascension, rapide et continue, de la science elle-même, qui s'est épanouie largement dans tous les sens, et est la cause première des progrès modernes.

Dans les dernières décades, les découvertes ont été merveilleuses : conformément à la pensée de Pascal, qui rapprochait si bien l'infiniment petit et l'infiniment grand, l'homme a pu reconnaître et mesurer les dernières particules des corps, extrêmement petites, et, en même temps, les mouvements des systèmes stellaires les plus éloignés; ce qui est au delà, bien au delà de ce que nos sens bornés, réduits à eux-mêmes, peuvent atteindre. Récemment, une action nouvelle de la masse sur la lumière a été annoncée et vérifiée. Joignez-y les progrès constants de l'étude des microbes, de la radioactivité, de la chimie qui crée des corps nouveaux, de toutes les autres branches de la science. Ajoutez aussi les applications, extrêmement étendues : la télégraphie sans fil, la navigation aérienne et sous-marine, et l'industrie tout entière, à laquelle nous avons justement, l'année dernière, fait dans notre sein la place qui lui est due.

Et vous avez un ensemble grandiose de connaissances et de faits acquis, devant lequel votre nouveau président se sent tout petit. Il lui faut avoir sur toutes ces choses au moins quelques clartés, pour en parler comme il convient. Je compte sur l'appui de nos éminents secrétaires perpétuels, choisis parmi les meilleurs d'entre nous; je compte aussi sur la bienveillance que l'Académie a toujours témoignée à son président. Car nous sommes ici, Messieurs, comme les membres d'une même famille.

Cependant l'année s'annonce difficile; il nous faut remporter une seconde victoire, une victoire sur nous-mêmes, et sur les causes multiples de faiblesse développées au cours de cette guerre si longue. Une grande œuvre de réorganisation s'impose, qui exigera de tous un effort plus grand, qui mettra chaque homme et chaque chose à la place la meilleure. Nous aurons

à faire un examen de conscience et à rechercher résolument si l'emploi de notre temps, si l'organisme auquel nous sommes attachés, ont bien le rendement maximum; et la crise que nous subissons pourra finalement être un bienfait, si elle découvre nos défauts cachés et conduit à des réformes utiles. L'Académie suivra avec attention cette enquête et ses conséquences, pour que la recherche scientifique, base des progrès futurs, soit sauvegardée, intégralement maintenue, et même soit renforcée.

Mais je m'arrête; nous devons donner les premiers le bon exemple, et appliquer immédiatement la règle simple, très simple, vieille comme le monde, qui assure tous les succès. Travaillons; *labor omnia vincit improbus*.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *La systématique des roches grenues à plagioclases et feldspathoïdes*. Note de M. **A. Lacroix**.

La combinaison plagioclases-néphéline parmi les roches grenues a été longtemps inconnue; aussi, lorsqu'on crut l'avoir découverte, Rosenbusch désigna-t-il sous le nom de théralite (θηρᾶν) cette roche si ardemment cherchée; on sait quels furent ses avatars.

Plus tard, des roches analogues ont été rencontrées dans de nombreuses provinces pétrographiques à caractère alcalin, et plusieurs ont reçu des noms spéciaux; leur discussion laisse l'impression de beaucoup d'indécision, et je n'exclus pas de cette critique la nomenclature un peu variable que j'ai moi-même employée depuis trente ans dans l'étude des roches de ce genre recueillies au Canada, à Madagascar, aux Comores, à Tahiti, en Écosse, en Portugal et en Auvergne. Le but de cette Note est de mettre de l'ordre dans ces roches, non seulement en tenant compte de la composition chimique et minéralogique, mais encore en faisant intervenir la notion des *types hétéromorphes*, c'est-à-dire de ceux qui, tout en ayant une composition minéralogique différente, offrent entre eux une grande similitude de composition chimique. A côté des roches à néphéline (sodalite-haüyne), il faut citer quelques roches leucitiques qui n'ont jusqu'ici qu'une importance théorique.

Série sodique ou des théralites. — Un premier groupe est caractérisé par une plus haute teneur en alcalis; c'est là que la potasse, toujours en proportion inférieure à la soude, atteint son maximum. Ce groupe comprend les *essexites* et les *théralites* (str. sens.). Le terme d'essexite est pris dans

le sens originel, proposé par Sears pour spécifier la roche de Salem Neck (Essex County, Mass.) renfermant une quantité importante d'orthose sodique, de la hornblende bactéricitique et parfois de la biotite accompagnant l'augite, et enfin je ne signalerai plus dans les roches suivantes l'apatite, l'ilménite ou la titanomagnétite que, car en plus ou moins grande abondance, elles y sont constantes.

Les essexites sont les plus ferromagnésiennes des roches éruptives dont les paramètres chimicominéralogiques sont (III. 6.2.4). Leur structure est parfois grenue, mais les plagioclases sont souvent plus ou moins aplatis, et alors enveloppés par de grandes plages d'orthose. L'essexite de Salem Neck manifeste une tendance à la structure porphyrique, celles de Madagascar à la structure diabasique, néphéline et orthose, remplissant alors les intervalles des plagioclases. La hornblende, qui est constante, est souvent automorphe et allongée suivant *c*.

Je réserve le nom de *théralite* aux types franchement mésocrates; la proportion du feldspath potassique y est généralement moindre que dans les essexites et souvent réduite à une bordure cerclant les plagioclases. Enfin, le rapport de la néphéline aux feldspaths est en moyenne plus élevé (III. 7.2.4) que dans les essexites.

Je distingue des théralites des roches dans lesquelles l'orthose est plus rare ou dissimulée, le plagioclase plus basique (labrador à bytownite), la néphéline moins abondante par rapport aux feldspaths. Elles comprennent deux types, que je désigne sous les noms de *luscladite* et de *bérondrite*.

Les *luscladites* sont généralement dépourvues de hornblende, mais renferment toujours de l'olivine et souvent de la biotite; leur structure est celle des gabbros hypéritiques scandinaves; des lames de plagioclases basiques, frangées d'orthose, sont plutôt empilées qu'enchevêtrées; la néphéline remplit leurs intervalles; cette roche est souvent néphélinifère plutôt que néphélinique, et elle passe alors à des gabbros à olivine. Ce type lithologique a une remarquable fixité [Tahiti (vallée de Papenoo); Madagascar (Nosy komba); la Réunion (Cilaos); Canada (Montréal); Écosse (Crawfordjohn); Portugal (Tallagueira, Mafra); Cantal (Font-des-Vaches)]; dans quelques régions volcaniques, il ne se voit pas en place, mais des blocs en sont amenés au jour par les explosions (Ravin de Lusclade, au Mont-Dore; cratère de Ziani, ile de Dzaouzi, aux Comores). Une variété très mélanocrate forme un gros dyke dans le gneiss du pied occidental du Fiakarantsoa (Monts Vavavato à Madagascar). Enfin, la *kylite* (Tyrrell), du district de Kyle (Écosse), doit en être considérée comme un type encore plus mélanocrate, passant à des péridotites.

Les *bérondrites* (du Berondra, petit fleuve du massif de Bezavona, à Madagascar) sont caractérisées par une hornblende brune très allongée, suivant c, associée à de l'augite titanifère. Les variations de structure sont les mêmes que dans les essexites; il existe des variétés pegmatoïdes leucocrates (Nosy komba, Andrakaraka) passant aux essexites et aux monzonites néphéliniques par accroissement de la teneur en orthose, et d'autres, plus mélanocrates que le type moyen, qui sont riches en olivine et évoluent vers la structure porphyrique. La *montréalite* (Adams et Barlow) du Mont-Royal est une variété à grands éléments, plus mélanocrate encore.

Le terme le plus pauvre en alcalis de la série des théralites est constitué par les roches à haüyne, les *mareugites* (III.6.4.4.5) des tufs d'ordanchites du Mont-Dore; elles comprennent des variétés très feldspathiques et d'autres, presque holomélanocrates.

Restent deux formes hétéromorphes, dont l'une est caractérisée par la disparition de la néphéline et l'autre par celle des feldspaths. J'appelle la première *mafraïte*, de Mafra dans le massif de Cintra (Portugal), où elle constitue des dykes riches en hornblende associée à de l'augite et à du labrador. La hornblente forme, soit des cristaux automorphes de plusieurs centimètres de longueur (Rio Touro), soit des plages irrégulières de moindre dimension (Tifaõ de Mafra). La composition chimique est celle de la bérondrite (III.6.3.4), mais la néphéline n'est pas exprimée; elle reste à l'état potentiel, grâce à la présence de hornblende, à la fois très pauvre en silice, très alumineuse et notablement sodique. La mafraïte existe aussi dans le Cantal (Fournols), en dykes dans la brèche andésitique; dans le nord-ouest de Madagascar, et aussi à Montréal, elle constitue un facies de variation de la bérondrite.

La seconde forme hétéromorphe est la *fasinite* d'Ambaliha (Madagascar), roche grenue, constituée par de la néphéline et beaucoup d'augite titanifère, avec un peu d'apatite et d'orthose. Ici, c'est l'augite, riche en alumine, qui supplée au minéral déficient, le plagioclase, mis en évidence seulement par le calcul; la composition chimique est celle d'une bérondrite mélanocrate très néphélinique (III.7.3.4), de telle sorte qu'il n'est pas possible de faire rentrer la fasinite dans le groupe des ijolites qui ne renferment, à l'état potentiel, que peu ou pas de plagioclases.

La complication de la série des théralites est augmentée par l'existence de nombreuses roches de composition chimique semblable, mais dans lesquelles il n'y a pas, ou il *n'y a plus*, de néphéline; par contre, l'analcime y abonde. Que dans certains cas, celle-ci puisse être primaire et dater de la fin de la période de cristallisation du

magma, j'en ai donné moi-même jadis des preuves pour les essexites de Madagascar, dans lesquelles ce minéral est accompagné de néphéline fraîche, mais néanmoins je pense que, dans la plupart des cas, la plus grande partie de l'analcime a été formée aux dépens des feldspathoïdes et aussi des feldspaths par voie secondaire, d'origine atmosphérique, et non pas dans une phase de corrosion pneumatolytique ultime. Je ne crois donc pas que, dans la systématique, il soit légitime de mettre ces types à analcime sur le même plan que les roches à feldspathoïdes.

Au point de vue descriptif, il peut être commode de se servir, pour les distinguer de deux noms existant dans la nomenclature et dont la signification doit, dans ce cas, être précisée. Les types feldspathiques peuvent être appelés *teschénites* et ceux dépourvus de feldspaths, *bekinkinites*. Ce dernier terme a été proposé autrefois par Rosenbusch, qui a commis une méprise en interprétant inexactement une de mes descriptions des roches de Madagascar; il a appelé ainsi la roche d'Ambaliha, dénommée plus haut fasinite, alors que les roches de Bekinkiny ne renferment pas ce type et constituent uniquement des variétés à hornblende et analcime, généralement dépourvues de néphéline.

Série potassique. — Quelques mots, en terminant, au sujet de la série potassique. Les roches grenues à plagioclases et leucite sont inconnues en place, mais je les ai rencontrées sous forme de blocs de projection dans les tufs de la Somma. Je renvoie à une Note antérieure (1) pour leur description, me contentant de rappeler que la *puglianite*, formée de leucite, d'anorthite et d'augite, avec un peu de biotite, de hornblende et d'orthose, est l'homologue de la mareugite dans la série sodique, alors que son hétéromorphe, la *sébastianite*, homologue de la mafraite dans la série sodique, est composée d'augite, de biotite et d'anorthite; toute la potasse y est concentrée dans le mica.

ANALYSES (2). — *Essexites.* — Madagascar : 1. Sandrakoto, 'II.'6.2.4 (B); 2. Nosy Komba, II.5(6).2(3).4 (P'); 3. Berondra, II.6.2'.4 (P'); 4. Jangoa, II.6.'3.4 (P); — Tahiti : 5. Papenoo, II.'6.(2)3.4 (P); 6. Salem Neck (Mass.), II'.6.2.4 (Washington).

Théralites. — Madagascar : 7. Bekinkiny, III.7.2.4 (P); — Bohème : 8. Flurhübl près Duppau, III.(6) 7.'2.4' (Tertsch).

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 205.

(2) Les analyses des roches que j'ai étudiées ont été faites par M. Pisani (P et P' pour celles publiées antérieurement et qui ont été rectifiées), par MM. Raoult (R) et Boiteau (B); j'y joins, comme comparaison, quelques résultats dus à des analystes dont les noms sont mis entre parenthèses.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2	53,42	53,10	46,40	47,90	47,50	46,99	43,60	44,42
Al^2O^3	20,20	20,15	20,01	19,85	19,97	17,94	14,07	13,33
Fe^2O^3	2,65	1,15	4,07	1,05	3,39	2,56	3,42	9,14
FeO	2,77	5,75	4,95	5,49	4,74	7,56	7,85	6,35
MgO	2,20	3,05	2,75	4,21	3,60	3,22	6,86	5,74
CaO	5,12	6,74	8,44	8,56	6,92	7,85	11,62	10,60
Na^2O	6,85	5,65	6,29	4,85	5,25	6,35	5,05	5,60
K^2O	3,87	2,56	2,71	3,21	3,47	2,62	1,88	1,81
TiO^2	1,39	1,41	2,57	3,60	2,96	2,92	3,16	1,63
P^2O^5	0,11	0,25	0,26	0,34	0,44	0,94	0,13	0,35
H^2O + / −	0,72 / 0,28	0,62	1,25	1,15	2,25	0,65	1,75 / 0,48	1,75
	99,76(1)	100,43	99,70	100,21	100,49	99,60	100,29(2)	100,90(3)

Luscladites : **1**. Font-des-Vaches (Cantal), III.6.'3.4 (P); **2**. Craighead près Crawford john (Écosse), III.6'.'3.4 (A. Scott); **3**. R. vin de Lusclade (Mont-Dore), III.'6.3.'4 (P'); **4**. Cratère de Ziani (Comores). III.'6.3.4 (R); **5**. S.-W. Paço di Mafu (Portugal), III (IV).5'.3.4 (R); **6**. Fiakarantsoa (Madagascar), III (IV) [7.3.4'].2.'2.2'.'3 (R); **7**. *Kylite,* Benbeoch (Écosse), (III) IV [6.3.4].1.3'.'2.2 (Dittrich in Tyrrell).

Mareugites : 8. Col du Train (type leucocrate), II(III).5'.4-5 (P); 9. Mareuges (type mélanocrate), III (IV).6.4.4-5 (R).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
SiO^2	46,31	44,37	44,95	45,10	45,08	41,20	44,18	40,51	36,34
Al^2O^3	14,90	14,19	15,09	14,58	10,48	12,11	10,67	20,40	12,69
Fe^2O^3	1,77	3,12	2,30	3,47	6,51	5,00	0,97	5,24	12,86
FeO	8,98	7,28	9,61	9,10	7,33	11,01	10,03	6,90	4,89
MgO	8,15	7,84	9,25	7,20	7,47	8,68	17,77	5,38	8,47
CaO	9,51	12,68	10,47	10,96	15,56	13,70	9,75	12,40	15,26
Na^2O	4,06	3,86	2,82	3,86	2,25	3,19	2,37	2,95	1,42
K^2O	1,62	1,92	2,02	1,57	0,90	0,87	1,23	0,70	0,82
TiO^2	3,00	2,37	3,02	2,42	3,99	3,68	1,30	3,07	5,30
P^2O^5	0,32	0.83	0,51	0,63	0,38	0,31	0,38	0,29	0,18
H^2O + / −	1,38	1,23 / 0,24	0,37	0,85 / 0,17	0,13 / 0,08	0,35 / 0,09	0,97	2,50	1,38 / 0,26
	100,00	100,17 (4)	100,41	99,91	100,36 (5)	100,19	99,62	100,62 (6)	100,09 (7)

(1) Y compris MnO 0,18.
(2) Y compris MnO 0,42.
(3) Y compris S 0,18.
(4) Y compris MnO 0,24.
(5) Y compris Cl 0,11; SO^3 0,09.
(6) Y compris Cl 0,13; SO^3 0,15.
(7) Y compris Cl 0,26; SO^3 0,36.

Berondrites. — Madagascar : 1. Nosy komba, III.'6.3.4' (B); 2. Nosy komba (pegmatite), II(III).6.3.4 (B); 3. Berondra (type à olivine), III.6'.3.4 (R); 4. Berondra, III.6(7).3'.4 (R); Canada : 5. Montréal, III'.6.'4.4 (Connor, *in* Adams); *Montréalite* : 6. Montréal, (III)IV.2.2.2.2 (Connor).

Mafraites. — 7. Fournols (Cantal), III(III).(5) 6.3.4'(P); Portugal : 8. Rio Touro, 'III.(5)6.3'.4 (R); 9. Tifao de Mafra, III.6.3.4 (R), auxquels il faut comparer la roche de Brandberget (Norvège), III'.6.3.4 décrite par Brögger.

Fasinite. — Ambaliha (Madagascar), III'.7.3.4 (R).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
SiO^2	46,79	43,16	43,60	40,60	43,10	44,66	47,10	43,54	45,72	43,65	39,70
Al^2O^3	16,47	18,61	14,60	16,56	13,94	9,64	16,34	16,66	15,62	11,48	14,18
Fe^2O^3	3,13	2,93	5,04	5,88	4,92	4,98	4,63	2,36	3,15	6,32	5,27
FeO	6,05	6,73	7,13	6,89	6,93	6,65	4,61	7,43	9,51	8,00	8,4
MgO	6,60	5,34	5,22	5,52	8,86	12,83	4,04	7,20	5,31	7,92	8,04
CaO	12,50	11,46	14,62	14,24	14,65	13,11	11,58	11,10	10,92	14,00	15,20
N^2O	3,78	3,98	3,51	2,93	2,50	2,07	3,40	3,31	4,13	2,28	2,83
K^2O	1,14	2,20	2,05	1,80	0,89	1,17	2,60	1,43	1,75	1,51	1,51
TiO^2	2,12	2,71	3,40	3,80	2,80	2,27	3,62	5,40	3,01	4,00	4,20
P^2O^5	0,27	1,21	0,28	0,65	0,27	0,24	0,16	0,72	0,46	tr.	0,35
H^2O +	0,89	1,44	0,65	1,03	0,55	0,79	»	1,05	0,55	1,00	0,44
H^2O −	0,30	0,05	0,14	0,14	0,15	0,11		0,12	0,11		0,19
	100,04	99,82	100,24	100,04	100,62(1)	99,40(2)	100,58(3)	100,32	100,24	100,16	100,32

Bekinkinites. — Madagascar : Bekinkiny, 1. III.'8.2.'5 (R); 2. III.7.2.4 (P); 3. (Vinanitelo), III.6 (7).3.4 (P); Maromiandra, 4. III.6 (7).2.4 (R); 5. Barshaw (Ecosse), III.(5) 6.4.(4) 5 (Radley et Tyrrell).

	1.	2.	3.	4.	5.
SiO^2	42,20	43,60	43,35	42,50	40,87
Al^2O^3	14,11	13,60	15,70	15,35	16,23
Fe^2O^3	3,15	3,95	2,00	5,04	1,31
FeO	8,05	6,95	8,70	7,24	7,37
MgO	5,91	10,20	6,38	4,10	9,83
CaO	13,20	12,10	11,60	10,36	11,13
Na^2O	5,80	3,74	4,09	5,15	2,78
K^2O	1,14	0,69	1,70	2,35	0,53
TiO^2	2,65	2,44	2,57	2,72	2,85
P^2O^5	0,10	0,43	0,09	0,79	0,52
H^2O +	3,40	2,75	3,45	3,75	4,28
H^2O −	0,70			0,45	1,35
	100,71(4)	100,45	99,93(5)	99,88	100,34(6)

(1) Y compris : MnO 0,14; S 0,22; CO^2 0,64; BaO 0,03; SrO 0,03.
(2) Y compris : MnO 0,19; FeS^2 0,22; Cl 0,07; CO^2 0,37; SrO 0,03.
(3) Y compris FeS^2 2,50.
(4) Y compris MnO 0,30.
(5) Y compris CO^2 0,08.
(6) Y compris : MnO 0,64; (CoNi)O 0,06; CO^2 0,38; FeS^2 0,21.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilisation de l'acroléine* (V). *Action stabilisante des corps à fonction phénolique.* Note de MM. **Charles Moureu, Charles Dufraisse, Paul Robin** et **Jean Pougnet.**

Nous avons signalé précédemment [1] les propriétés nettement stabilisantes de l'acide benzoïque et du phénol contre la formation du disacryle. Mais, ainsi que nous l'avons également indiqué, tandis que les autres acides, en dehors de l'acide benzoïque (et sans doute des acides analogues), ont généralement une action faible, ou parfois même nuisible, les phénols sont doués d'une activité stabilisante intéressante. L'étude de l'action des phénols sur l'acroléine fait l'objet de la présente Note.

On ne pourra utiliser une substance pour la stabilisation de l'acroléine que si l'on a, au préalable, constaté qu'elle jouit de la propriété de ralentir considérablement la formation spontanée du disacryle. Mais il sera indispensable de s'assurer, en outre, qu'elle ne favorise pas la formation de la résine soluble : nous avons démontré [2], en effet, que la première action apparente, sur l'acroléine, d'une substance qui détermine la transformation en résine soluble, consiste dans la suppression de toute production de disacryle. Nous envisagerons donc à ce double point de vue l'action des phénols.

I. Les phénols et la formation du disacryle. — L'activité stabilisante d'une substance, comme nous l'avons indiqué dans la Note précédente, peut être appréciée par la mesure de la durée excédante de limpidité, c'est-à-dire par la mesure du temps qui s'écoule entre l'apparition du disacryle dans l'échantillon témoin et dans l'échantillon additionné de la substance. Les chiffres donnés ci-dessous représentent la moyenne de plusieurs expériences; l'altération peut être considérée comme complètement négligeable quand la durée de limpidité excède 6 mois.

---

(1) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et Paul Robin, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1068.

(2) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 621.

A. *Monophénols à fonction simple :*

	Durées excédantes de limpidité.	
	1 pour 100 de réactif.	2 pour 100 de réactif.
Phénol ordinaire	2 jours	2 jours
Crésol ortho	20 »	30 »
» méta	8 »	8 »
» para	15 »	20 »
Carvacrol	15 »	>6 mois
Naphtol α	>6 mois	>6 mois
» β	12 jours	15 jours

On voit que certains monophénols possèdent un pouvoir stabilisant notable.

B. *Polyphénols à fonction simple :*

	Durées excédantes de limpidité.	
	1 pour 100 de réactif.	2 pour 100 de réactif.
Pyrocatéchine	>6 mois	>6 mois
Homopyrocatéchine	>6 mois	>6 mois
Résorcine	20 jours	45 jours
Orcine	4 jours	4 jours
Hydroquinone	>6 mois	>6 mois
Pyrogallol	>6 mois	>6 mois
Phloroglucine	10 jours	10 jours

La présence de plusieurs fonctions phénoliques sur le noyau produit donc un accroissement notable du pouvoir stabilisant, sauf quand les oxhydryles se trouvent en position méta (résorcine, orcine, phloroglucine) l'un par rapport à l'autre.

C. *Acides-phénols.* — L'acide benzoïque étant doué de propriétés nettement stabilisantes, nous avons supposé que l'action de l'oxhydryle phénolique serait exaltée par la coexistence d'un carboxyle sur le noyau. L'expérience n'a pas confirmé nos prévisions : l'activité des acides-phénols est intermédiaire entre celle de l'acide benzoïque et celle des phénols à fonction simple correspondants.

D. *Éthers de phénols :*

	Durée excédante de limpidité.	
	1 pour 100 de réactif.	2 pour 100 de réactif.
Éther-oxyde méthylique du phénol (anisol)........................	0	0
Éther acétique de la fonction phénolique de l'acide salicylique (aspirine)....	0	0
Lactone de l'acide *o*-oxycinnamique $C^6H^4\langle{}^{CH=CH}_{O}\rangle CO$ (coumarine).	0	0
Monoéther-oxyde de la pyrocatéchine $C^6H^4\langle{}^{OCH^3\,(1)}_{OH\quad(2)}$ (gaïacol)........	30	30
Diéther-oxyde de la pyrocatéchine $C^6H^4\langle{}^{OCH^3\,(1)}_{OCH^3\,(2)}$ (vératrol).......	0	0
Diéther acétique de la pyrocatéchine.	0	0
Triéther acétique du pyrogallol......	0	0

On voit que l'éthérification de l'oxhydryle supprime son pouvoir stabilisant. Le cas de la pyrocatéchine est particulièrement démonstratif : l'éthérification d'un seul de ses deux oxhydryles (gaïacol) diminue beaucoup le pouvoir stabilisant de la molécule, l'éthérificatiou des deux oxhydryles l'annule complètement.

L'action stabilisante ayant été constatée, en outre, sur de nombreux composés à fonction phénolique libre, tandis que les monoalcools ou polyalcools n'exercent pas d'action appréciable, nous sommes en droit d'affirmer que le pouvoir de retarder la formation du disacryle est une propriété spécifique de l'oxhydryle phénolique.

E. *Étude particulière des polyphénols.* — En vue d'aboutir à un procédé pratique de stabilisation de l'acroléine, nous avons soumis à une étude très détaillée l'action de la pyrocatéchine, de l'hydroquinone, du pyrogallol et de l'acide gallique.

Nous citerons, en particulier, la série d'expériences suivantes : des échantillons d'acroléine limpide ont été traités par ces divers réactifs aux doses de $\frac{1}{250}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$ et $\frac{1}{4000}$, puis conservés pendant 6 mois à l'abri de la lumière. En aucun cas nous n'avons observé la formation du disacryle en quantités pondérables; certains échantillons accusaient simplement un trouble plus ou moins accentué.

Tous ces composés phénoliques entravent l'action de la chaleur et de la

lumière, qui tendent l'une et l'autre à accélérer la transformation de l'acroléine en disacryle.

II. Les phénols et la transformation en résine soluble. — Les expériences relatives à cette seconde partie de notre étude présentent plus de difficultés que les autres. La formation d'une substance insoluble comme le disacyle se manifeste lentement, en effet, par l'apparition d'un trouble, bien avant qu'il s'en soit produit une quantité pondérable. Dans le cas de la résine soluble, au contraire, la transformation ne peut être décelée que par la comparaison de deux mesures (densité initiale et densité finale, ou bien pesée du résidu initial et du résidu final), c'est-à-dire quand la résine atteint une proportion notable, supérieure aux erreurs de détermination. On voit donc que, pour des vitesses d'altération égales, on observera beaucoup plus tôt et plus facilement l'altération en disacryle que l'altération en résine soluble.

En raison de la multiplicité des mesures à effectuer, nous nous sommes bornés à l'étude d'un petit nombre de composés phénoliques. Nous nous contenterons de citer quelques essais caractéristiques concernant le pyrogallol, l'hydroquinone, la pyrocatéchine et l'acide gallique.

A. *Essais aux dilatomètres.* — Étant donnée la précision obtenue, cette série d'expériences présente une grande importance en ce qui concerne le problème de la stabilisation de l'acroléine : elle permet de conclure avec certitude aux propriétés stabilisantes des phénols.

Les dilatomètres utilisés étaient constitués par des tubes de 30^{cm} de long et de 3^{mm} à 4^{mm} de diamètre intérieur, terminés par un ballon de 50^{cm^3} de capacité. Le tube portait à sa partie supérieure un trait circulaire et un numéro d'ordre : on calibrait la partie tubulaire de l'appareil et l'on jaugeait la capacité totale jusqu'au trait. Après introduction du liquide, le dilatomètre était scellé à la lampe.

D'après nos calculs, nous pouvions évaluer ainsi une contraction inférieure au $\frac{1}{2000}$ du volume du liquide mis en observation, ce qui correspond, pour l'acroléine, à une transformation en résine soluble inférieure à 0,15 pour 100. On jugera de la supériorité de cette méthode d'expérimentation si nous ajoutons qu'aucune autre ne nous a jamais permis, en raison de diverses causes d'erreurs, de déceler une transformation en résine soluble inférieure à 1 pour 100.

Le Tableau suivant donne les résultats obtenus après des durées d'observation voisines de 6 mois.

Concentrations en phénols.	Nature des phénols.	Durée de l'observation en jours.	Proportion pour 100 d'acroléine altérée pendant la durée de l'observation.	en 1 jour.	en 1 an.
$\frac{1}{250}$	Pyrogallol...........	154	0,66	0,0043	1,5
	Pyrocatéchine.......	154	0,70	0,0045	1,6
	Hydroquinone.......	rupture accidentelle du dilatomètre.			
	Acide gallique.......	196	1	0,0051	1,8
$\frac{1}{500}$	Pyrogallol..........	154	0,63	0,0041	1,4
	Pyrocatéchine.......	154	0,70	0,0045	1,6
	Hydroquinone.......	154	0,80	0,0055	2,0
	Acide gallique.......	196	0,86	0,0044	1,6
$\frac{1}{1000}$	Pyrogallol..........	154	0,70	0,0045	1,6
	Pyrocatéchine......	154	0,75	0,0047	1,7
	Hydroquinone......	154	0,70	0,0045	1,6
	Acide gallique......	196	0,76	0,0039	1,4
$\frac{1}{2000}$	Pyrogallol..........	154	0,63	0,0041	1,4
	Pyrocatéchine.......	154	0,76	0,0049	1,7
	Hydroquinone.......	154	0,83	0,0054	1,9
	Acide gallique.......	196	1	0,0051	1,8
$\frac{1}{4000}$	Pyrogallol...........	rupture accidentelle du dilatomètre.			
	Pyrocatéchine.......	154	0,83	0,0054	1,9
	Hydroquinone.......	154	1,00	0,0064	2,3
	Acide gallique.......	196	1,16	0,0059	2,1

L'altération est donc pratiquement négligeable. On peut rendre le fait plus frappant en calculant le temps qui s'écoulerait, dans chaque cas, avant la destruction de la moitié de l'échantillon, si la vitesse d'altération restait constante. On verrait ainsi que, dans le cas le plus défavorable (hydroquinone $\frac{1}{4000}$), il s'écoulerait 30 ans avant que la transformation n'eût atteint la moitié de l'échantillon.

Nous ajouterons que la faible altération observée nous paraît devoir être rapportée non pas à l'action des phénols, mais à l'action du verre, toujours légèrement alcalin.

B. *Grandes concentrations en phénols.* — En vue de nous assurer définitivement que les phénols n'altéraient pas l'acroléine, nous les avons fait agir en masse sur cet aldéhyde : l'altération a été déterminée par pesée du résidu laissé à l'évaporation, déduction faite du poids du phénol.

Concentrations en phénols.	Nature des phénols.	Durée des observations.	Proportion d'acroléine altérée en 1 jour.	en 1 an.
10 pour 100	Pyrogallol.........	7 mois	0,021	7,6
	Pyrocatéchine......	»	0,019	6,9
	Hydroquinone......	»	0,034	12,4
	Acide gallique.....	»	0,006	2,1
40 pour 100	Pyrogallol.........	»	liquide très fluide (1).	
	Pyrocatéchine......	»	0,042	15,33
	Hydroquinone......	»	0,097	35,40
	Acide gallique......	n'est pas soluble dans ces proportions.		

Bien qu'encore relativement faible, l'altération est ici sensiblement plus grande que dans le cas des faibles concentrations. Remarquons toutefois que la présence, en aussi fortes proportions, de substances étrangères, a pu déterminer des erreurs par excès dans l'évaluation du résidu laissé à l'évaporation.

En résumé, les phénols jouissent de la propriété de stabiliser l'acroléine pure, et certains polyphénols se montrent sous ce rapport particulièrement actifs.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'arc direct des métaux à point de fusion peu élevé.* Note de M. A. de Gramont.

Le spectre d'arc obtenu entre métaux, spécialement entre tiges de fer, sans recourir à l'intermédiaire de crayons de charbons, a déjà été l'objet d'assez nombreuses études. C'est même le procédé communément employé pour produire l'arc au fer, et il a servi de base aux belles publications de MM. Kayser et Runge (2) et de MM. Buisson et Fabry (3). Ces derniers ont particulièrement étudié la répartition des raies aux deux pôles et y ont fait connaître l'existence des raies de l'étincelle, qui sont localisées sur un point brillant situé sur la goutte d'oxyde fondu terminant chaque électrode. Ces points émettent toutes les raies d'étincelle, alors que les flammes de l'arc ne les donnent pas. Je ne puis malheureusement résumer ici tous les

(1) Le vase a été brisé accidentellement à la fin de l'observation.

(2) *Abh. d. Akad. Wiss. zu Berlin*, 1888.

(3) *Atlas du Spectre du Fer* et *Etudes de quelques propriétés spectroscopiques et électriques de l'arc entre métaux* (*Journ. de Physique*, décembre 1910).

résultats intéressants de ce Mémoire, capital pour la connaissance de l'arc électrique, et dont une partie a été publiée ici même ([1]). Des observations ont été faites sur l'arc entre tiges de cuivre, et aussi de nickel, par les mêmes physiciens. Mais le contraste entre la haute température de l'arc et le point de fusion peu élevé de certains métaux d'usage courant avait fait écarter généralement l'étude de l'arc direct entre fragments de ceux-ci.

La très grande luminosité de l'arc et les poses très courtes qu'elle permet m'ont amené à prendre des spectrogrammes de comparaison entre les spectres d'étincelle condensée (sans self-induction) d'une part, et ceux de l'arc direct et de l'arc aux charbons pour quelques-uns de ces métaux, le zinc, le cadmium, l'étain, le plomb, l'antimoine, le bismuth, le magnésium et l'aluminium.

Il a été fait usage du courant de la ville à 110 volts, puis du courant alternatif à 50 périodes. Un rhéostat, manœuvré après essais préalables, était placé dans le circuit. L'intensité donnée par l'ampèremètre était élevée ainsi successivement de 5 à 13 ampères.

De gros fragments des métaux étudiés étaient maintenus fortement dans des pinces d'acier portées au bout des tiges d'ébonite du support à crémaillère, dont on trouvera la figure dans une précédente Communication ([2]). L'image renversée et en vraie grandeur était d'abord projetée sur la fente du spectrographe au moyen d'une lentille sphérique en quartz, pour l'étude de la répartition des raies aux deux pôles ainsi séparés sur le cliché. Le temps de pose, raccourci par suite de la consommation rapide

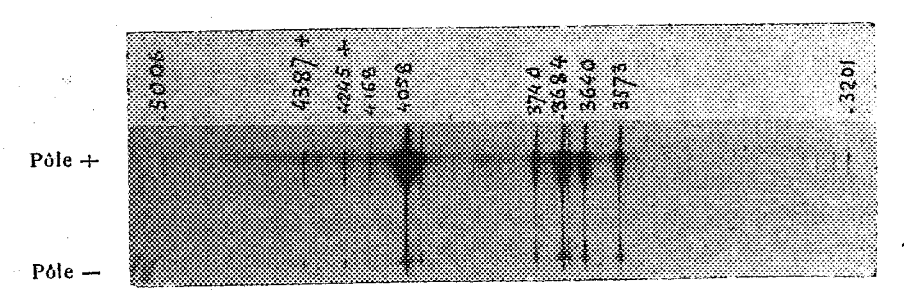


Fig. 1. — Plomb. Image entière de l'arc direct projetée sur la fente du spectrographe.

des électrodes, était d'environ 2 secondes et amplement suffisant. C'est ainsi qu'a été prise l'épreuve ci-dessus (*fig.* 1).

([1]) Buisson et Fabry, *Comptes rendus*, t. 146, 1908; t. 150, 1910.

([2]) A. de Gramont, *Comptes rendus*, t. 166, 1918.

Un second cliché était pris ensuite, au moyen d'une lentille cylindrique, qui donnait en coïncidences successives sur la fente et sur la plaque les spectres du métal : 1° dans l'étincelle condensée sans self-induction; 2° dans l'arc direct; 3° dans l'arc au charbon. Les raies d'étincelle, absentes de l'arc au charbon, mais présentes dans l'arc direct sont ainsi mises en évidence, comme on le voit sur les figures 2 et 3.

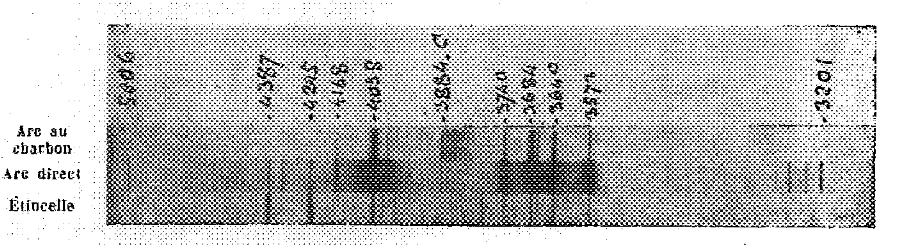


Fig. 2. — Plomb. Arcs comparés à l'étincelle.

Les spectres présentés ici, sans agrandissement, proviennent d'un spectrographe à deux prismes en crown uviol dont l'objectif de chambre a 85^{cm} de distance focale pour la raie F. Pour chacun des métaux à l'étude, des spectres étaient ensuite pris, dans les mêmes conditions et semblablement disposés, avec un spectrographe à optique en quartz [1]. J'ai tenu à suivre l'apparence visuelle et les variations, souvent rapides, des spectres, au moyen d'un spectroscope à vision directe à deux prismes composés, où le dédoublement des raies D écarte celles-ci d'environ une division de l'échelle micrométrique, ce qui correspond à un peu moins d'une minute d'arc. Les méthodes modernes de spectrographie, presque exclusivement employées maintenant, ne doivent pas faire abandonner l'emploi du spectroscope pour l'examen de la région visible. Seul cet instrument permet de saisir l'irrégularité d'un spectre et les apparitions fugitives de raies, parfois très vives, mais qui ne peuvent impressionner la plaque photographique, même panchromatique.

Les observations ainsi faites ont permis de reconnaître dans l'arc direct, d'une part certaines raies d'étincelle considérées par Lockyer comme raies « renforcées » et dont la présence dans l'arc direct est incontestable avec

(1) Ces spectrographes ont été antérieurement décrits : *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 94; t. 157, 1913, p. 1364, et pour le spectrographe quartz ainsi que pour le spectroscope à vision directe, avec des figures, *Ann. de Chim. et Phys.*, 8e série, t. 17, août 1909. — Je tiens à remercier ici M. Émile Dureuil pour son dévoué concours dans le présent travail.

une intensité notable, comme le montrent, pour le plomb et l'étain, les figures données ici, et d'autre part des raies d'étincelle, classées aussi comme renforcées, et dont la présence dans l'arc direct est passagère et ne peut être reconnue qu'au spectroscope. J'ai donc constaté ainsi deux classes de raies d'étincelle dans l'arc : 1° les raies d'apparition permanente dans le spectre ; 2° les raies d'apparition passagère reconnaissables au spectroscope seulement. Ces dernières lignes fugitives apparaissent au pôle +, comme un éclair, au moment de l'amorçage de l'arc. Ainsi qu'on pouvait le penser, ces raies sont mieux et un peu plus longtemps visibles avec le courant alternatif, et surtout aux premiers éclats de l'amorçage. On les voit plus facilement encore en coupant et rétablissant l'arc, en produisant des amorçages réitérés par rapprochements et éloignements successifs des électrodes de métal, portées sur des pinces isolées commandées par des crémaillères. Un effet analogue peut être amené par l'emploi de l'ingénieux appareil à arc interrompu par rotation d'un des pôles, de M. M. Hamy [1] ; malgré le ramollissement rapide des électrodes qui doivent s'y heurter légèrement, les raies passagères d'amorçage y sont bien visibles avec le courant alternatif.

Voici les résultats que les procédés précédemment exposés m'ont permis d'obtenir avec certains métaux :

Zinc. — Le doublet des raies à la limite du bleu et du vert : 4924 et 4912, constitue bien, avec son homologue du cadmium, le type de ces raies d'amorçage qui apparaissent fugitivement, comme un éclair, au moment de l'allumage de l'arc, et qu'on finit par voir assez facilement, soit par réitération d'amorçage, soit avec e dispositif de M. Hamy. Sur les clichés dans les différentes régions du spectre, il n'y a que quelques différences d'intensités, peu marquées, entre l'arc direct et l'arc au charbon. Les deux fortes raies d'étincelle 2558 et 2502, souvent désignées à tort, comme exclusivement propres à l'étincelle, sont présentes dans tous les arcs, mais la seconde y est très faible.

Cadmium. — Le doublet de raies vertes 5379 et 5338 qui, comme son homologue du zinc, est considéré comme l'un des types de raies « renforcées », exclusivement présentes dans l'étincelle, peut être mis en évidence dans l'arc direct dans les mêmes conditions que le doublet du zinc, mais plus facilement. On voit dans le champ du spectroscope ces deux raies s'élancer

---

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 631.

et disparaître en partant du pôle +, de part et d'autre de la raie verte du thallium, dont la présence permanente dans la plupart des échantillons de cadmium est accompagnée, dans l'ultraviolet, des raies les plus sensibles de cet élément.

Sur les clichés, comme raie permanente nouvelle, je n'ai reconnu que 3536, exclusivement signalée jusqu'ici dans l'étincelle; elle est assez forte. La raie 3299 est forte, Kayser et Runge seuls l'avaient constatée jusqu'ici dans l'arc.

Étain. — La raie d'étincelle 4586, dans le bleu, n'a pu être observée en aucune manière, même passagèrement, et dans aucun des arcs ([1]). En revanche, deux lignes, caractéristiques de l'étincelle seule, 3352 et 3284 se montrent, la première forte, la seconde assez forte, dans l'arc direct et dans

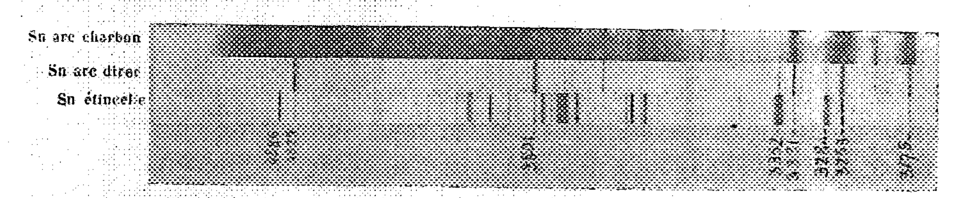


Fig. 3. — Étain. Arcs comparés à l'étincelle.

l'arc tournant, courant continu ou alternatif, et d'une manière permanente (*fig.* 3). Les échantillons d'étain employé donnaient avec une intensité notable, les raies de l'indium : 4512 indigo, et 4102 violette, ainsi que 3958 dans l'ultra violet.

Plomb. — C'est ce métal qui permet de mettre le plus aisément en évidence, dans l'arc direct, des raies considérées comme propres à l'étincelle, les raies indigo bien connues 4387 et 4245. Les figures 1 et 2 font voir leur intensité, facile à constater, d'ailleurs, avec n'importe quel spectroscope. Les clichés m'ont montré aussi, parmi les impuretés habituelles du plomb : Fe, Ca, Zn, Al, Cd, Bi, Sb, Ag, Cu et la présenee presque constante du thallium.

Antimoine et *Bismuth.* — Les clichés d'arc direct de ces deux éléments ne donnent aucune raie n'appartenant pas à l'arc au charbon ([2]). Les intensités

([1]) Il faut se mettre en garde contre une confusion avec la raie 4587 du fer, presque toujours présente.

([2]) La raie Bi 4260, attribuée à l'étincelle seulement, est en réalité présente avec une intensité moyenne dans l'arc au charbon.

relatives seules diffèrent, un certain nombre de raies faibles ou d'intensités moyennes étant plus fortes dans l'arc direct. Les raies d'impuretés sont les mêmes dans les arcs et l'étincelle. Mais l'examen, au spectroscope, de la partie visible des spectres de ces métaux, du rouge au vert, permet d'y reconnaître, très vives, un certain nombre de lignes de l'étincelle, considérées jusqu'ici comme étrangères à l'arc. Ce sont : pour l'antimoine, dans le rouge et l'orangé, 6651 ; 6303 ; 6287 ; 6130 ; 6080 ; 6005, et pour le bismuth, dans le rouge et l'orangé, 6809 ; 6600 ; 6129 ; 6059, et dans le vert 5210, cette dernière, en plus, bien entendu, des autres raies vertes de l'arc du bismuth.

Magnésium. — Sa raie 4481 est considérée par Lockyer comme due à une très haute température de l'étincelle, et l'un des types de raies renforcées. Dans l'arc direct, elle apparaît assez facilement au spectroscope, se détachant, brillante, sur le fond continu lumineux dû à la combustion du magnésium. Sur les clichés, la raie est faible, mais facilement visible. J'ai appris, depuis, qu'Hartmann avait signalé cette raie, importante en astronomie, au voisinage des électrodes de l'arc entre tiges de magnésium. Je n'ai, à part cela, constaté aucune autre présence de raie d'étincelle dans l'arc direct. La juxtaposition sur un même cliché des spectres ultraviolets du magnésium : 1° dans l'étincelle condensée sans self-induction ; 2° dans l'arc direct, et 3° dans l'arc au charbon, montre un contraste frappant dans l'aspect des raies renversées, surtout pour la raie ultime Mg 2852. Le renversement de celle-ci n'apparaît, dans l'étincelle, que comme un mince fil blanc divisant la raie noire, tandis qu'il devient, dans l'arc direct, une forte raie blanche bordée d'un halo noir, pour s'épanouir dans l'arc au charbon sous forme d'une large bande blanche, de largeur au moins double de celle de l'arc direct, et paraissant traversée d'une légère ligne sombre.

Des observations du même genre, mais moins tranchées, peuvent être faites sur d'autres raies du magnésium et aussi sur quelques raies du plomb (4058 ; 3684 ; 3640) ; du zinc (3345 ; 3303 ; 3382) ; de l'étain (3263 ; 3175).

Ces renversements n'ont pas été constatés dans l'arc à pôle tournant.

Aluminium. — Un examen des clichés de comparaison des deux arcs, dans la région visible, et le commencement de l'ultraviolet, n'a permis de trouver aucune raie spéciale à l'arc direct ; mais dans ceux qui ont été obtenus avec le spectrographe à optique en quartz, les raies de l'arc direct l'emportent de plus en plus en intensité sur celles de l'arc aux charbons, à

mesure qu'on se déplace vers les plus courtes longueurs d'onde. L'effet est particulièrement sensible à partir du doublet 3093, 3082, et deux raies de l'étincelle 2816 et 2632, considérées jusqu'à présent comme étrangères à l'arc, m'ont apparu dans l'arc direct avec les mêmes intensités que dans l'étincelle.

Arc au charbon. — La question se posait de s'assurer que ces raies, dites d'étincelle, étaient bien réellement étrangères à l'arc au charbon, chargé de métal dans le cratère positif, ainsi qu'il avait paru aux différents expérimentateurs dont tant de publications ont été faites sur les spectres d'arc. Pour la résoudre, j'ai recherché si, avec des poses prolongées, on n'arriverait pas à constater les raies d'étincelle de présence permanente, dans l'arc au charbon ordinaire. Cette supposition s'est réalisée et les raies 4387 et 4245 du plomb (voir *fig.* 4), aussi bien que 3352 et 3284 de

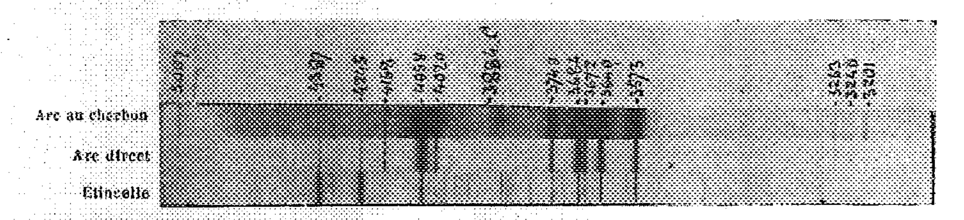


Fig. 4. — Plomb. Raies d'étincelle dans l'arc au charbon.

l'étain, se sont montrées bien visibles sur les clichés, quoique notablement moins fortes que dans l'arc direct. Il en est de même de la raie 2632 de l'aluminium, faiblement visible, mais certaine, dans l'arc au charbon.

En diminuant l'intensité du courant, par augmentation de la résistance du circuit, ces raies d'étincelle disparaissent, et cela beaucoup plus rapidement dans l'arc au charbon que dans l'arc direct.

Ainsi les raies 4387 et 4245 du plomb des figures 1 et 2 sont venues dans l'arc direct pour une intensité inférieure à une dizaine d'ampères; elles sont, comme on l'a vu figure 1, surtout localisées au pôle positif, notamment pour 5 ampères, tandis que, pour les obtenir suffisamment vives pour venir sur le cliché (*fig.* 4) de l'arc au charbon, il a fallu porter l'intensité du courant jusqu'à plus de 13 ampères. J'ajouterai que, dans l'un quelconque des arcs, la raie 4387 est notablement plus longue que 4245, et peut même s'étendre, très fine, d'un pôle à l'autre, tandis que 4245 paraît localisée surtout au pôle positif. Ce fait est facile à constater par l'observation oculaire au spectroscope.

Il résulte de tout ce qui précède que les spectres d'arc ne doivent pas être considérés comme invariables et toujours identiques à eux-mêmes. Ils sont susceptibles d'offrir de notables variations, non seulement dans les intensités de certaines raies, mais aussi dans l'apparition de celles-ci, et ces variations sont étroitement dépendantes de l'intensité du courant qui alimente l'arc.

M. J. Costantin fait hommage à l'Académie du Tome I (10e série), fascicules 2-6, des *Annales des sciences naturelles* (*Botanique*), publiées sous sa direction.

M. Charles Richet présente le nouveau fascicule de son *Dictionnaire de Physiologie* (tome X, fascicule 28, Paris, Alcan, 1920). La publication de cet Ouvrage, interrompue par la guerre, va maintenant se continuer régulièrement. Ce fascicule contient une étude sur la *Locomotion*, par Noguès, très développée, et les articles *Lapin*, *Larynx*, *Lécithines*, *Leucocytes*, *Lipase* et *Lumière*.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Agriculture invite l'Académie à élire trois de ses membres qui devront remplacer au sein du *Conseil supérieur des stations agronomiques et des laboratoires agricoles*, les places de MM. A. Lacroix, Roux et Violle, membres sortants et rééligibles.

M. P. Lesne adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

M. J. Martinet adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Les calculs de G.-H. Darwin sur la stabilité de la figure piriforme.* Note de M. Pierre Humbert, présentée par M. Appell.

On sait qu'il y a désaccord entre les deux mathématiciens qui ont étudié le problème de la stabilité de la figure piriforme d'équilibre d'un fluide en rotation, G.-H. Darwin et Liapounov.

Le dernier, conduit par sa méthode à écrire la condition de stabilité sous la forme d'une somme de termes compliqués, mais en nombre fini, a trouvé que cette expression était positive, donc que le piroïde était instable. Darwin au contraire, après Poincaré, a mis la condition de stabilité sous une forme qui peut, en abrégé, se représenter par

$$f(H_3)+\sum_{i=1}^{i=\infty}\varphi(H_{2i}),$$

H_3 étant le troisième harmonique zonal (ici un produit de fonctions de Lamé) et H_{2i} un harmonique quelconque d'ordre pair : cette expression comprend donc une série infinie. Après avoir effectué de longs calculs, Darwin affirme la stabilité en s'appuyant sur les points suivants :

a. La somme des termes $\varphi(H_{2i})$ du deuxième au dixième harmonique est positive, mais inférieure en valeur absolue à $f(H_3)$ qui est négatif; or, si le résultat total est négatif, le piroïde est stable.

b. Les divers termes de $2i=2$ à $2i=10$ décroissent d'une façon qui semble régulière et rapide; il paraît impossible que les termes négligés aient une somme suffisante pour rendre la somme totale positive.

c. La série, limitée à ces premiers termes, est analogue comme allure à celle qui se présente dans le cas de l'ellipsoïde mixte de Maclaurin-Jacobi, et qui est très rapidement convergente.

Résumons à présent les résultats auxquels nous a conduit une étude approfondie des Mémoires de Darwin.

a. De la comparaison des nombres trouvés par Darwin avec ceux qu'a donnés M. Ladislav Bénès dans un travail connexe, et de la vérification directe de certains de ces nombres, il résulte que les calculs de Darwin, dans leur ensemble et au moins pour les harmoniques prépondérants, sont certainement exacts.

b. Par suite de changements de signes dans les éléments qui constituent les expressions $\varphi(H_{2i})$, le terme correspondant au douzième harmonique zonal est supérieur au terme précédent, auquel s'est arrêté Darwin; les termes ne décroissent donc pas régulièrement, et, bien que la somme totale soit encore positive, on ne peut plus affirmer que les termes négligés sont sans influence sur le résultat final. Le grand argument de Darwin en faveur de la stabilité est donc en réalité sans valeur.

c. Enfin, pour écrire l'expression analytique de la condition de stabilité

de l'ellipsoïde mixte de Maclaurin-Jacobi, Darwin s'est contenté de remplacer, dans la condition de stabilité du piroïde, l'harmonique zonal d'ordre 3 par l'harmonique zonal d'ordre 2, et les fonctions de Lamé par des fonctions de Legendre; mais, dans le cas du piroïde, un certain nombre d'intégrales où figurait le troisième harmonique étaient nulles comme portant sur une fonction impaire, tandis que les mêmes intégrales portant sur le deuxième harmonique, fonction paire, auront une valeur non nulle. La condition de stabilité de l'ellipsoïpe mixte ne saurait donc se déduire par simple transposition de celle du piroïde, et l'argument tiré par Darwin de la comparaison des résultats numériques dans ces deux cas devient, lui aussi, sans aucune valeur.

Ainsi les résultats que Darwin opposait à Liapounov sont en réalité inexacts ou douteux, et il semble bien que la méthode de Poincaré, bien développée, conduise au résultat de Liapounov, c'est-à-dire à l'instabilité de la figure piriforme.

ASTRONOMIE. — *Formation d'un astre isolé dans une nébuleuse homogène indéfinie.* Note de M. A. **Véronnet**, présentée par M. B. Baillaud.

On admet que toutes les molécules qui forment le Soleil, les planètes et les étoiles, étaient dispersées primitivement dans l'espace occupé par ces astres. On suppose que la densité y est homogène, que cet espace s'étend indéfiniment, que les molécules sont immobiles. Les éléments attirés également dans tous les sens restent en équilibre.

Ajoutons une masse quelconque m en un point. Elle forme centre d'attraction. Toutes les molécules se rapprochent de ce point suivant des sphères concentriques. Une particule, située d'abord à la distance r, arrive au bout du temps t à la distance x, ainsi que tous les éléments de la sphère de rayon r. L'attraction de toutes les molécules, extérieures à la sphère de rayon r ou intérieures à la sphère de rayons x, reste la même sur la molécule située en x. L'attraction des particules comprises entre les deux sphères, et devenues intérieures à la sphère de rayon x, s'ajoute à celle de m pour attirer la particule arrivée en x. Cette attraction est donc

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -f\frac{m}{x^2} - \frac{4}{3}\pi f\rho\frac{r^3 - x^3}{x^2},$$

ρ étant la densité du milieu.

On suppose que la masse m est très petite par rapport à la masse M, qui sera condensée au centre d'attraction, quand y arriveront les molécules qui étaient primitivement à la distance r. En négligeant les quantités très petites de l'ordre de $\frac{m}{M}$, on obtient pour le temps de chute

$$t\sqrt{4\pi f\rho} = \text{Log}\frac{36}{(2+\sqrt{3})^{\sqrt{3}}}\frac{M}{m} = \text{Log}\frac{48}{(2+\sqrt{3})^{\sqrt{3}}}\frac{\pi\rho r^3}{m}.$$

Les masses formées sont fonctions exponentielles du temps et de la racine carrée de la densité du milieu. Dans le même temps et le même milieu elles restent proportionnelles aux masses m des centres d'attraction primitifs. Au voisinage d'une masse en formation la densité ρ' du milieu devient inversement proportionnelle au carré de la distance

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{1}{2}\left(\frac{D}{\rho}\right)^{\frac{2}{3}}\frac{x_1^2}{x^2},$$

D et x_1 étant la densité moyenne et le rayon de l'astre formé.

Supposons la densité du milieu égale à celle de la masse du système solaire occupant sa sphère d'action, d'où l'on peut estimer le rayon à 100000 fois la distance des étoiles les plus rapprochées. On a alors $\rho = 1,4 \times 10^{-22}$. Le temps de formation d'une masse égale à celle du Soleil aurait été de 41 millions d'années, de 227 millions, de 384 millions ou de 408 millions, suivant que l'on admet pour la masse attractive primitive une masse égale à celle de la Terre, égale à un gramme, à une molécule d'hydrogène ou à un électron.

Pour former une masse égale à la millième partie du Soleil, il aurait fallu 21 millions d'années dans le premier cas, 207 dans le second, etc. *Quelle que soit la masse attractive primitive, il a fallu dans tous les cas exactement 20 millions d'années pour former les* $\frac{999}{1000}$ *restants de la masse du Soleil, et 7 millions d'années pour former les derniers* $\frac{9}{10}$. La masse doublait tous les deux millions d'années.

La nébuleuse primitive aurait donc été très instable. Il aurait suffi de quelques molécules de plus, à la place où se trouve chacune des étoiles, pour concentrer entièrement la matière de tout l'espace, en quelques centaines de millions d'années, et pour former toutes nos étoiles à l'état de Soleils lumineux et chauds. *Un atome aurait suffi pour former un Soleil en moins de 400 millions d'années.* Il aurait formé une masse un million de fois plus grande en 40 millions d'années de plus. *Il est difficile de parler de centaines de millions d'années pour l'évolution des mondes.*

Dans des milieux de densités différentes les temps de formation sont inversement proportionnels à la racine carrée de la densité. Avec une densité quatre fois moindre, les temps de formation auraient été dédoublés. Une masse attractive égale à celle de la Terre, au lieu de former une masse égale à celle du Soleil en 40 millions d'années, n'aurait pu former qu'une masse 1000 fois moindre. Ce serait une région en formation, encore à l'état nébuleux. Dans un milieu d'une densité quatre fois plus grande, une étoile de même masse que le Soleil se serait formée en 20 millions d'années. Elle aurait rayonné et se serait refroidie depuis 21 millions d'années, avant que le Soleil se soit formé dans le premier milieu. Ce serait une région d'étoiles éteintes ou sur le déclin. Les écarts seraient encore beaucoup plus considérables avec des masses attractives de 1^g. Ils seraient de l'ordre de 200 millions d'années ou du millionième de la masse.

De faibles différences de densité du milieu ont donc pu introduire, sur des millions d'années, des différences de phase énormes dans l'évolution des différentes régions de l'Univers. Or si l'on étudie la structure de l'Univers, telle qu'elle est donnée par exemple dans l'atlas de W. Stratonoff, on voit que les étoiles de toutes grandeurs, et surtout les amas stellaires sont condensés dans le voisinage immédiat du plan de la Voie lactée. Les nébuleuses au contraire sont beaucoup plus rares dans cette région et plus nombreuses dans les deux hémisphères, de part et d'autre de la Voie lactée.

Il semble ainsi que notre Voie lactée, où se trouve notre Soleil, n'est pas un *système* stellaire séparé, mais simplement une *région* d'étoiles brillantes, à formation achevée, formant un plan plus ou moins régulier, région qui serait comprise entre deux régions de nébuleuses, ou de systèmes en formation, où la densité primitive était plus faible et l'évolution plus lente que dans le plan de la Voie lactée.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le contrôle expérimental des vibrations pendulaires doublement amorties.* Note de M. **Jules Andrade**.

I. La transformation de l'espace par *similitude directe* avec *changement d'échelle* possède toujours un point double; cette remarque si simple *limitée au plan* a donné la clef des phénomènes de synchronisation; je vais montrer que la même remarque limitée à l'ensemble des points d'une droite permet de préciser complètement la technique de l'étude photographique des oscillations pendulaires troublées à la fois par un frottement constant et par une résistance visqueuse (proportionnelle à la vitesse).

Le mouvement est défini comme on sait par l'équation

$$(1)\qquad \frac{d^2u}{dt^2}+q\frac{du}{dt}+k^2u+\varepsilon F=0\quad\begin{cases}F>0;\\ \varepsilon=\pm 1,\ \text{avec le signe de }\dfrac{du}{dt}.\end{cases}$$

Le mouvement s'interprète comme la projection oblique convenable d'un mouvement spiral uniforme lorsque $q<2k$; les caractéristiques du mouvement spiral sont

$$(2)\qquad \begin{cases}\text{Vitesse angulaire du rayon vecteur décroissant}\equiv N=k\sin V;\\ \text{Angle caractéristique aigu de la spirale}\equiv V=\arccos\dfrac{q}{2k}.\end{cases}$$

Le pôle de la spirale s'obtient en décalant sur l'axe de projection le point représentatif du point mort $u=0$ de la force pendulaire, ce déplacement égal à $f=\frac{F}{k^2}$ est compté en sens inverse du sens permanent de la vitesse $\frac{du}{dt}$ durant l'oscillation en cours. Soient u_j et u_{j+1} les valeurs arithmétiques ou absolues de la semi-amplitude initiale et de la semi-amplitude finale de la $(j+1)^{\text{ième}}$ oscillation. On a la relation de récurrence

$$(3)\qquad (u_{j+1}+f)=(u_j-f)\lambda;\qquad \lambda=e^{-\pi\frac{\cos V}{\sin V}};$$

introduisons *l'élément double* de cette similitude à échelle moindre que 1, cet élément double est $-\varphi=-f\frac{1+\lambda}{1-\lambda}$, et il nous permet d'écrire

$$(3\,bis)\qquad (u_{j+1}+\varphi)=(u_j+\varphi_n)\lambda,$$

d'où l'on déduit

$$(4)\qquad (u_n+\varphi)=(u_0+\varphi)\theta^n,$$

u_n étant la semi-amplitude initiale de la $(n+1)^{\text{ième}}$ oscillation.

Le mouvement s'arrêtant lorsque cette formule conduit $\overline{u}_n<f$ algébriquement, le nombre des oscillations sera *la valeur à une unité près par excès* du rapport

$$\frac{\log\dfrac{u_0+\varphi}{f+\varphi}}{\log\dfrac{1}{\lambda}}\equiv\frac{\operatorname{Log}\dfrac{u_0+\varphi}{f+\varphi}}{\pi\dfrac{\cos V}{\sin V}}\equiv\frac{2k}{\pi q}\sqrt{\frac{1-q^2}{4k^2}}\operatorname{Log}\frac{u_0+\varphi}{f+\varphi}.$$

II. *Détermination de φ, de λ et de la position du point mort par la photographie des oscillations successives.* — Le contrôle expérimental d'un

mouvement oscillatoire doublement amorti porte sur *l'observation mesurée* de p oscillations se succédant de k en k; L'ENTIER k DOIT ÊTRE CHOISI IMPAIR.

On a en effet

$$\frac{u_k+\varphi}{u_0+\varphi}=\frac{u_{2k}+\varphi}{u_k+\varphi}=\ldots=\frac{u_{pk}+\varphi}{u_{(p-1)k}+\varphi}=\lambda^k=\frac{u_{jk}-u_{ik}}{u_{(j-1)k}-u_{(i-1)k}}=m.$$

Il s'agit de déduire de là tout d'abord m ou λ^k, puis φ :

1° Associons des entiers j et i de même parité, pour éliminer l'incertitude de la véritable position du point mort; $u_{jk}-u_{ik}$ se mesure alors par la distance des bords correspondants des deux images photographiques des bornes extrêmes correspondantes, *car ces bornes sont du même côté du point mort;* de même se mesure $u_{(j-1)k}-u_{(i-1)k}$; d'où la connaissance de m, d'où λ.

2° Pour déterminer φ, associons j et i' *de parités contraires* et nous avons

$$m=\frac{u_{jk}+u_{i'k}+2\varphi}{u_{(j'-1)k}+u_{(i'-1)k}+2\varphi};$$

chacune des sommes $u_{jk}+u_{i'k}$ et $u_{(j-1)k}+u_{(i'-1)k}$ est mesurable sur les images des bornes de l'oscillation, sauf à déduire l'épaisseur de l'image de la fente lumineuse ou le diamètre photographique de l'image du trou lumineux employé.

L'équation précédente détermine alors φ avec précision si k est assez grand.

3° k étant impair, nous pouvons encore utiliser une égalité déduite des précédentes, savoir toutes les égalités de la forme

$$\frac{u_{pk}+u_{(p-1)k}+2\varphi}{u_{(p-1)k}+\varphi}=m+1=\frac{u_k+u_0+2\varphi}{u_0+\varphi},$$

les numérateurs sont observables, et l'égalité donne $u_{(p-1)k}$.

On peut ainsi *calculer* u_0, d'ou l'on peut déduire la position réelle du point mort, pourvu que la position initiale de démarrage du solide oscillant ait été notée avec précision.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'émission aux températures hautes de particules positives lumineuses par les métaux alcalins.* Note de **M. G.-A. Hemsalech**, transmise par M. A. de Gramont.

J'ai signalé la formation, sous l'influence d'un champ magnétique, d'hélices et de spirales lumineuses dues aux trajectoires de particules élec-

trisées, qui parcourent l'espace libre au-dessous d'une lame de graphite recouverte de carborundum et portée à une haute température à l'aide d'un courant électrique ([1]). En continuant ces recherches j'ai reconnu que ces particules proviennent d'impuretés contenues surtout dans le carborundum et qu'en l'absence du champ magnétique extérieur, elles constituent en grande partie la vapeur bleuâtre. Donc, pour pouvoir former cette dernière, les particules ont dû passer de la surface supérieure de la lame, dans l'espace protégé. Le procédé par lequel ce déplacement des particules s'accomplit semble être révélé par l'expérience suivante. Une faible quantité de carborundum contenant les impuretés en question fut posée sur la lame de graphite près d'une de ses extrémités. La lame fut ensuite chauffée et, aussitôt que la température devint suffisante pour vaporiser les impuretés, on aperçut sous la lame et passant d'un bout à l'autre une série de stries verticales de couleur bleuâtre. La formation de ces stries peut s'expliquer comme il suit. Les impuretés (probablement des composés chimiques) se trouvant en contact direct avec la surface supérieure de la lame sont décomposées par le courant thermélectronique, en ions positifs et négatifs, qui tendent à se propager dans la direction du champ électrique intense, de 3 à 7 $\frac{\text{volts}}{\text{cm}}$. Au cours de ce déplacement, les ions traversent les lignes de force du champ magnétique établi autour de la lame par le courant de chauffage et sont déviés dans le sens de ce champ. Par conséquent, leur trajectoire est une hélice dont l'axe coïncide avec la lame, et aux endroits où ses spires s'approchent du bord de l'espace protégé, les ions viennent en contact avec l'air et donnent lieu à une strie de vapeur bleuâtre. Evidemment il y aura autant de stries qu'il y a de spires dans l'hélice. Quand la lame entière est recouverte de matières, le nombre des stries devient très grand et elles semblent former alors une nappe homogène de vapeur bleuâtre. Ces observations m'ont conduit à l'établissement d'une méthode très simple pour étudier soit le spectre (par excitation thermo-chimique et thermo-électrique), soit d'autres propriétés des vapeurs d'un corps quelconque. Il suffit, en effet, de poser le corps à examiner sur la lame d'où ses vapeurs passeront automatiquement dans l'espace protégé au-dessous. En pratique, il est bon de n'employer que de petits morceaux ou des poudres du corps, et de recouvrir le tout d'une couche de carborundum dur. A l'aide de cette méthode il m'a été facile d'identifier les corps qui émettent des particules électrisées

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 915.

qui, comme je le démontrerai ultérieurement, sont constituées surtout d'ions positifs. J'ai ainsi établi, d'abord le fait que ce sont des corps contenant de la potasse, de la soude ou du lithium, tels que le lépidolite, la carnotite, la porcelaine, l'ardoise, les cendres de tabac, etc. qui produisent le phénomène en question. Cette constatation fut ensuite entièrement confirmée en expérimentant avec des composés des métaux alcalins, tels que des chlorures, carbonates, oxydes, etc. Il résulte de ces recherches que tous les éléments de cette famille émettent des particules positives et que, *pour une valeur de température donnée, l'extension et le développement des trajectoires lumineuses varient en raison directe des poids atomiques*. Ainsi à la température de 2700° C. les trajectoires des particules positives émises par le lithium sont à peine perceptibles, tandis que celles données par le cæsium accusent un développement fort considérable. J'ai ensuite déterminé, pour chacun des métaux alcalins, la température critique à laquelle l'émission de particules positives devient appréciable, comme l'indique la déviation de la vapeur bleuâtre par un champ magnétique de 590 unités C. G. S. Voici les résultats de ces mesures :

Éléments.	Poids atomiques.	Températures critiques.
Lithium	7	2700° C.
Sodium............	23	2550
Potassium	39	2300
Rubidium	85	2200
Cæsium.............	133	1900

Donc la température critique varie en raison inverse du poids atomique.

Pour expliquer l'origine des particules positives expulsées par les métaux alcalins, on peut envisager les deux hypothèses suivantes :

1° Les systèmes moléculaires ou atomiques de ces éléments se désagrègent à la température critique en entraînant la libération du noyau positif (peut-être un atome ayant un ou plusieurs électrons), lequel se déplace lentement sous l'influence du champ électrique, et dont la trajectoire est sensiblement déviée par un champ magnétique, même faible. On doit s'attendre à observer également des particules négatives, se déplaçant avec une vitesse plus grande, et qui seraient moins sensibles au champ magnétique extérieur. Les nombreux clichés photographiques que j'ai pu obtenir de ces trajectoires donnent, en effet, des indications affirmatives dans ce sens, avec l'emploi de champs magnétiques intenses. D'après cette manière de voir, l'émission des particules positives serait comparable au phénomène

des rayons d'électricité positive observé avec certains gaz à basse pression.

2° L'association avec ces éléments, d'un autre corps, peut-être d'un gaz, lequel commence à se dégager vers la température critique. Le phénomène en question serait alors analogue à celui présenté par certains corps radioactifs, qui renferment de l'hélium et l'expulsent sous forme de particules positives (rayons α) déjà aux températures ordinaires.

Le spectre émis par les particules positives apparaît continu avec la faible dispersion de mon spectrographe. Le maximum d'intensité est situé dans le bleu. Il est intéressant de rappeler le fait, que déjà Lecoq de Boisbaudran et Hartley ont constaté, que les métaux alcalins émettent de semblables spectres continus dans les flammes, et que d'autres observateurs les ont également vus dans l'arc. Hartley a pu résoudre quelques-uns de ces spectres en lignes fines et en bandes étroites. Ainsi, comme semble l'indiquer l'analyse spectrale, sous l'action de la chaleur, dans les flammes et dans l'arc, ces éléments dégagent des centres d'émission de même nature que ceux qui ont été mis en évidence au cours des présentes recherches.

Observation sur la précédente Communication de M. G. Hemsalech, par M. **A. de Gramont**.

Je tiens à faire observer que les températures critiques d'émission des particules positives des métaux alcalins ont été mesurées par M. Hemsalech à l'aide d'un pyromètre optique, monochromatique (radiation rouge), du système Wanner, modification du spectrophotomètre de Kœnig et Martens. L'instrument a été étalonné et corrigé avec soin. Les corrections ont été faites jusqu'à 2500° C., limite au delà de laquelle on extrapolait. L'erreur de l'instrument vers 2700° est d'environ ± 50° C. Les observations, faites rapidement à cause du peu de durée des lames minces de graphite, étaient répétées un grand nombre de fois, et l'on prenait la moyenne. C'est pourquoi les températures critiques ont été données en chiffres ronds, approximation suffisante pour mettre en évidence le fait que la température critique décroît avec l'élévation du poids atomique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique du lactose.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

Les premiers essais d'hydrogénation du lactose $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$ ont été faits en 1871 par Bouchardat qui, en traitant le lactose par l'amalgame

de sodium, aurait obtenu la dulcite accompagnée d'une certaine quantité d'alcool ordinaire et d'alcools isopropylique et hexylique (*Bull. Soc. chim.*, t. 16, p. 40). Plus récemment, Ipatiew a hydrogéné catalytiquement, en présence de nickel et d'oxyde de nickel, une solution hydro-alcoolique de lactose, en la chauffant à 130°, sous une pression de 74^{atm}, dans un appareil muni d'un agitateur. Il obtenait ainsi des cristaux de dulcite et des eaux mères qui, après évaporation, se prenaient en un sirop épais et incristallisable (*Journ. Soc. phys.-chim. r.*, juillet 1912, p. 1003).

J'ai répété les expériences d'Ipatiew, en opérant à des températures et à des pressions peu différentes des siennes sur des solutions aqueuses de 2^{kg} de lactose. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Expériences...	A.	B.	C.	D.	E.	F.
Hydrogène absorbé.	15,65 g	14,88 g	13,77 g	12,60 g	11,92 g	11,15 g
Dulcite obtenue....	375	315	225	112	55	2

Comme il fallait s'y attendre, les quantités d'hydrogène absorbé et de dulcite obtenue ont beaucoup varié selon l'activité du catalyseur; mais j'ai constaté que dans toutes ces expériences, dans la dernière, F, qui a fourni à peine 2^g de dulcite, comme dans la première, A, qui en a donné le maximum, 375^g, les solutions de lactose étaient suffisamment hydrogénées pour ne plus réduire la liqueur de Fehling, ce qui indiquait que dans tous ces cas la fonction aldéhydique, CHO, du lactose avait disparu pour se transformer en fonction alcoolique, CH^2OH, par l'addition de H^2.

Si l'on calcule la quantité d'hydrogène qu'exige cette transformation pour les 2^{kg} de lactose employé, on trouve $11^g,11$, nombre aussi rapproché que possible des $11^g,15$ de la dernière expérience F qui a donné 2^g seulement de dulcite. Il y a eu donc, dans ce cas, fixation d'une seule molécule d'hydrogène sur la molécule du lactose anhydre

$$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2 = C^{12}H^{24}O^{11}$$

et avec la formule généralement admise qui représente le lactose comme deux restes de glucose et de galactose unis par une fonction acétal :

$$\underbrace{CHO-(CHOH)^4-CH^2}_{\text{Reste de glucose.}}-O-\underbrace{\overset{}{CH}-(CHOH)^2-CH}_{\text{Acétal. (O)}}-\underbrace{CHOH-CH^2OH}_{\text{Reste de galactose.}}+H^2$$

$$= CH^2OH-(CHOH)^4-CH^2-O-\underbrace{CH-(CHOH)^2-CH}_{O}-CHOH-CH^2OH$$

Telle est la réaction principale qui se retrouve dans toutes les expériences,

mais qui se produit exclusivement avec un nickel peu actif, c'est-à-dire avec un nickel ayant servi plusieurs fois ou provenant d'une réduction faite vers 500°.

Elle peut se compliquer d'une réaction secondaire dont l'importance augmente avec l'activité du catalyseur. Dans ce dernier cas, l'hydrogénation, au lieu de se limiter à la fonction aldéhydique, atteint la fonction acétal, déterminant l'hydrolyse partielle du lactose, lequel se dédouble ainsi : 1° en galactose dont la réduction fournit la dulcite qui cristallise par refroidissement; 2° en glucose que la réduction transforme en sorbite très soluble qui reste dans la liqueur. Théoriquement, les 2^{kg} de lactose employé auraient dû fournir 1^{kg} de dulcite, et l'on voit par le Tableau ci-dessus que le rendement maximum en dulcite a été de 375^{g}.

Les liqueurs séparées de la dulcite ont été évaporées au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse et abandonnées ensuite à la température du laboratoire. Au bout de quelques jours leur surface s'est recouverte de cristaux qui ont progressivement envahi la masse.

Ce sont des octaèdres rhombiques, volumineux, très durs, à saveur sucrée, de densité 1,43, solubles dans le tiers de leur poids d'eau froide, très peu solubles dans l'alcool qui les précipite des solutions aqueuses. Le pouvoir rotatoire de ces dernières solutions $[\alpha]_D = +12°,2$.

Ces cristaux fondent à 78°. Leur déshydratation commence à 100°, mais elle est très lente. Maintenus à 130° jusqu'à constance des pesées, leur perte en eau s'est trouvée sensiblement égale à 5 pour 100 de leur poids.

La matière ainsi desséchée a fourni à l'analyse, pour 100 : $C = 41,83$; $H^2 = 6,99$; $O^2 = 51,18$ (par différence).

J'ai trouvé par ailleurs 340 pour le poids moléculaire déterminé par la méthode cryoscopique avec l'eau comme dissolvant.

Il résulte de ces données que la matière anhydre correspond à la formule $C^{12}H^{24}O^{11}$ et que les cristaux ont comme formule $C^{12}H^{24}O^{11} + H^2O$. La formule théorique donne en effet

$$C = 41,86; \quad H^2 = 6,98.$$

J'ai donné le nom de *lactosite* à ce nouveau sucre qui s'obtient pratiquement dans les conditions décrites plus haut. Il a son correspondant dans le *mélibiotite* obtenu, mais seulement à l'état de sirop, par Scheibler et Mittelmeier, en hydrogénant le mélibiose par l'amalgame de sodium (¹).

(¹) *D. chem. G.*, t. 22, p. 3118.

Le lactosite ne réduit pas la liqueur de Fehling ; il devient réducteur par inversion au moyen de l'acide sulfurique étendu qui le dédouble en sorbite et galactose, lequel par H^2 a fourni expérimentalement la dulcite.

$$CH^2OH - (CHOH)^4 - CH^2 - O \mid \underbrace{CH - (CHOH)^2 - CH}_{O} - CHOH - CH^2OH + H^2O$$

Lactosite anhydre.

$$= \underbrace{CH^2OH - (CHOH)^4 - CH^2OH}_{\text{Sorbite.}} + \underbrace{CHO - (CHOH)^4 - CH^2OH}_{\text{Galactose.}}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un procédé industriel de fabrication synthétique de l'alcool ou de l'éther à partir des gaz de distillation de la houille.* Note [1] de M. E. DE LOISY, présentée par M. H. Le Chatelier.

La mémorable synthèse de l'alcool qu'institua Marcellin Berthelot par l'action du gaz éthylène sur l'acide sulfurique et la décomposition par l'eau de l'acide sulfovinique formé, a marqué une grande date dans l'histoire de la synthèse organique, mais, après 60 ans passés, elle n'a encore donné lieu à aucune application industrielle.

Cependant l'éthylène, quoique à une teneur inférieure à 2 pour 100 dans les gaz de distillation de la houille, se trouve, de par l'abondance de ceux-ci, en très grande quantité à la disposition de l'industrie : une tonne de houille donne en effet à peu près 300^{m^3} de gaz, soit plus de 4^{m^3} d'éthylène qui correspondent théoriquement à 10^l d'alcool absolu, c'est-à-dire à ce que donnerait un hectolitre de vin.

Sans mettre en ligne de compte la houille destinée au gaz d'éclairage, on voit que les 7 millions de tonnes transformées en coke, pour les seuls besoins de la métallurgie française d'avant-guerre, auraient pu donner, en supposant le rendement théorique, 760000^{hl} d'alcool. Or la productivité métallurgique de notre pays a doublé depuis la victoire ; c'est donc 1400000^{hl} que l'on pourrait retirer de la houille qu'il faudra à nos hauts-fourneaux reconstitués, soit environ 60 pour 100 de l'alcool que produit notre agriculture avec les betteraves, les mélasses, les farineux et les vins. Ces chiffres, qu'il conviendrait bien entendu de frapper d'une réduction due à l'écart entre les rendements théorique et industriel, montrent du moins tout l'intérêt qui s'attache à la solution de ce problème.

J'ai appris lors d'un voyage industriel en Angleterre, en décembre 1918, que ce problème avait tenté une usine métallurgique qui, depuis nombre d'années, se tient dans ce pays à la tête des progrès techniques.

Pour capter l'éthylène contenu dans ses gaz de fours à coke elle avait recours à un procédé physique, fondé sur l'absorption sélective des gaz par le charbon de bois ; ce corps porté à haute température dégage à nouveau les gaz qu'il a fixés.

Mais je fus frappé d'une difficulté considérable qu'entraîne ce procédé : il oblige en effet, non seulement à déshydrater le gaz, mais à le priver de l'hydrogène sulfuré

(1) Séance du 15 décembre 1919.

et de l'anhydride carbonique qu'il renferme, tous deux plus absorbables par le charbon de bois que l'éthylène, d'où nécessité d'un lavage à la chaux, réactif définitivement perdu et grevant lourdement le prix de revient.

Il m'a donc semblé qu'une méthode purement chimique, débarrassée de cette sujétion, devrait aboutir à une réalisation industrielle économique et je résolus d'entreprendre des recherches dans ce sens.

La fixation de l'éthylène par l'acide sulfurique, telle que Berthelot la pratiquait, ne se réalise qu'avec une extrême lenteur ; dans une opération décrite par ce savant et qui demanda 4 jours, il a fallu 53000 secousses pour combiner 30^l d'éthylène à 900^g d'acide.

Par contre, l'acide fumant absorbe rapidement l'éthylène, mais en formant l'acide iséthionique, lequel, d'après le même savant, ne régénère pas l'alcool.

Or la tension de vapeur infime qui caractérise l'acide sulfurique ordinaire et permet d'y faire barboter une masse considérable de gaz sans l'entraîner ; la fixité pareille du produit qu'il forme avec l'éthylène, tout engageait à l'utiliser industriellement pour capter les minimes quantités que le gaz contient. Il s'agissait donc de trouver le moyen d'activer la réaction de Berthelot et l'idée la plus naturelle était de recourir pour cela à une action catalytique. L'emploi de catalyseurs, en milieu sulfurique, pour accélérer la fixation de l'éthylène avait déjà été utilisé par MM. P. Lebeau et A. Damiens (1) dans leur belle méthode d'analyse des mélanges d'hydrocarbures gazeux. Ils se servaient à cet effet d'acides vanadique, uranique, tungstique, molybdique, en présence du mercure. Ces savants ont d'ailleurs indiqué que l'intervention de ces catalyseurs en milieu sulfurique pouvait présenter un intérêt plus général, mais ils n'eurent pas le loisir d'élucider sous quelle forme l'éthylène était ainsi fixé: acide sulfovinique régénérable en alcool, acide iséthionique non tranformable, produits d'oxydation, etc. L'étude de cette action catalytique était donc à poursuivre. Elle a été faite par le second de ces savants. Il publiera lui-même les faits nouveaux qu'il a découverts à cette occasion. La présente Note n'a à retenir que ceux d'un caractère applicable industriellement ; les voici: tout d'abord c'est bien l'acide sulfovinique qui se forme généralement. Certains catalyseurs, cependant, ont une seconde action donnant aussi des composés utilisables. Enfin, circonstance heureuse, des catalyseurs assez peu coûteux pour que la régénération en soit superflue accélèrent assez l'absorption pour la rendre comparable à celle de l'anhydride carbonique par la potasse.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 557.

Il devenait donc possible d'aborder pratiquement la captation de l'éthylène ; mais si l'on considère que, dans la réaction théorique, on met déjà en jeu deux fois plus d'acide qu'on n'obtient d'alcool, on conçoit que pour arriver à un procédé qui payât, il fallait avant tout régénérer cet acide sans dépense sensible.

A ce point de vue, il est particulièrement avantageux d'employer à l'absorption de l'ammoniac du gaz de houille l'acide qui, après dilution, a distillé son alcool. On trouve ainsi gratuitement pour ce dernier l'acide habituellement dépensé pour le sulfate d'ammoniaque. Mais il y a plus: avant de sortir du cycle sous cette dernière forme, l'acide peut encore accomplir œuvre utile: d'abord en captant pour les transformer, les traces de propylène, butylène et carbures acétyléniques contenues dans le gaz, et qu'il retient, même à 63° B., comme l'a montré Berthelot. Ensuite en arrêtant la vapeur d'eau du gaz; car il faut absolument préserver l'acide concentré qui doit absorber l'éthylène et qui perdrait par dilution toute activité. Mais ce dernier, précisément, devra être étendu pour la formation de l'alcool: on voit donc qu'en faisant avancer méthodiquement à la rencontre du gaz un même acide additionné de 1 pour 100 de catalyseur, il absorbera successivement l'éthylène, les carbures adventices, l'eau du gaz (dont l'élimination est indispensable aux réactions précédentes), puis après avoir rendu ses alcools [1] il sera transformé en sulfate d'ammoniaque.

Il restait cependant, pour réduire à zéro la dépense de ce réactif en vue de l'alcool, deux importantes difficultés à résoudre.

Tout d'abord la fixation de l'éthylène exige de l'acide à 66° B., tandis que la fabrication du sulfate se contente d'acide à 50° au plus. L'industriel qui voudrait obtenir de l'alcool avec l'acide nécessaire à son sulfate devrait donc payer la différence de prix importante qui correspond à la plus haute concentration. D'autre part les teneurs habituelles en éthylène et en ammoniac montrent qu'il faut pour le premier au moins deux fois plus d'acide que pour le second. On serait donc contraint ou de ne produire que la moitié de l'alcool possible, ou de trouver un emploi à un excédent d'acide, tâche aisée, à la vérité, mais qui gênerait les habitudes des fabricants de coke.

Or ces deux difficultés se résolvent aisément si l'on remarque que le gaz déshydraté par le réactif sulfurique devient un agent de concentration exellent pour l'acide dilué. Comme, aussi bien, les chaleurs perdues des

---

[1] Suivant le degré de dilution, la distillation donnera à volonté de l'alcool ou de l'éther. Le procédé permet donc l'obtention de ces deux produits industriels.

fumées, après les récupérateurs des fours, peuvent gratuitement échauffer l'acide à concentrer, on voit qu'on établit en définitive un cycle où n'entre, à part une infime quantité de catalyseur, que l'acide à basse concentration nécessaire à l'habituelle fabrication du sulfate d'ammoniaque. Ainsi pour produire de l'alcool avec le gaz qui donne déjà son ammoniac et ses benzols, il n'y a pas à proprement parler consommation de réactifs, mais simplement dépense insignifiante due au remplacement des pertes. A part cela, l'alcool (ou l'éther) est obtenu sans autres frais que l'entretien d'organes courants: colonnes classiques de barbotage, concentrateurs, appareils à distiller et engins de circulation des liquides.

En fait, avec des appareils de laboratoire de la plus grande simplicité, cette méthode, depuis plusieurs mois, produit de petites quantités d'alcool éthylique pur avec le gaz de la Ville de Paris.

GÉOLOGIE. — *Le Terrain carbonifère de la chaîne du Caucase.* Résumé d'une Note (¹) de M. **N.-J. Lebedeff.**

Notre connaissance géologique de la haute chaîne du Caucase a fait de grands progrès au cours des quinze dernières années. Une des découvertes les plus intéressantes fut celle du Trias supérieur, signalé en 1907 par Tschernyschew. Ces couches mésozoïques reposent sur un substratum d'âge indéterminé, réputé paléozoïque, et rattaché tantôt au Terrain Dévonien, tantôt au Terrain Carbonifère, suivant les hasards d'observations malheureusement insuffisantes.

La découverte récente de riches gisements fossilifères m'a permis d'élucider la question, grâce aux documents fournis par MM. Baklanoff et Robinson. Ces gisements sont alignés sur une longueur de 110 verstes, suivant le versant nord de la chaîne principale du Caucase, de la vallée de la rivière Laba à celle de la Rewenuk, de la Bogaslowskaja à celle de la Daut. Ils sont formés de couches alternantes de calcaires gris, de psammites, de schistes plus ou moins cristallins, de grès et de conglomérats, comprenant des veines de charbon.

Les veines de charbon rencontrées sont au nombre de 8-11, avec des puissances variables de 0,15 à 2,25. Deux analyses de ce charbon ont donné :

(¹) Séance du 29 décembre 1919.

	Bogaslowskaja.	Nord-Antracitowaja.
C........................	80,43	72,97
H........................	3,67	5,86
S........................	0,95	0,87
N + O.....................	1,76	5,98
Cendres.....................	13,19	14,39

Les calcaires gris de Kamennaja m'ont permis de reconnaître les espèces fossiles suivantes : *Productus aff. boliviensis* d'Orb., *P. semireticulatus* Mart., var. voisine de *aratus* Waagen, *P. lineatus* Waag., *P. semireticulatus* Mart. (typique). Les schistes et calcaires de Antracitowaja et Nikitina m'ont montré *Productus longispinus* Sow., *P. aff. aculeatus* Mart., *P. mytiloïdes* Waagen, *Enteletes Lamarckii* Lev., *Orthis Michelini* Lev., *Orthotetes crenistria* Phill., *Rhynchonella cf. variabilis* Tschern., *Spirifer Wynnei* Waag., *S. octoplicata* Kon., *Reticularia lineata* Mart., *Martinia glabra* Mart., *Lyttonia cf. nobilis* Waagen.

Des schistes charbonneux et des grès ont fourni des plantes fossiles des genres *Pecopteris*, *Neuropteris*, *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Stigmaria*, *Calamites*, *Sphenophyllium*, etc.

Il est remarquable de rencontrer parmi ces fossiles, et parmi les plus répandus d'entre eux, des formes comme *Lyttonia cf. nobilis*, *Productus mytiloïdes*, *spirifer Wynnei*, considérées jusqu'ici comme propres au Terrain Carbonifère des Indes et de la Chine : elles témoignent de communications à cette époque entre les bassins du Caucase et les mers du *Productus limestone* des Indes et de la Chine. Ces faunes du Caucase présentent avec celles du Donetz, de l'Oural, de Moscou des rapports et des différences, dans la présence de formes communes, dans l'absence de formes telles que *Spirifer mosquensis* Fischer, *S. supramosquensis* Fisch., *S. fasciger* Keys.

L'âge de ces couches carbonifères du Caucase peut être fixé approximativement. On ne saurait en effet les attribuer à la partie inférieure de ce Terrain, puisqu'elles n'ont fourni aucune forme propre au Carbonifère inférieur ; inversement, l'abondance des formes du Carbonifère moyen et supérieur permet de les rapporter aux formations de cet âge et notamment à leurs étages supérieurs.

GÉOLOGIE. — *Sur la flore fossile des bassins houillers de Quimper et de Kergogne*. Note de M. **Ch. Picquenard**, présentée par M. Pierre Termier.

Le bassin houiller de Quimper occupe le fond du synclinal, aujourd'hui gorge étroite, où se trouve aussi le bassin houiller de la baie des Trépassés. L'orientation EW du grand axe de ces deux bassins coïncide avec celle du synclinal qui les renferme.

Le grand axe du bassin de Kergogne, situé à 3^{km}-4^{km} au nord du bassin de Quimper, est orienté différemment. Il forme avec l'axe du synclinal de Quimper un angle aigu ouvert à l'Ouest et cette désaxation vers le Nord contraste avec la direction des strates de schistes micacés $X\gamma'$, orientés EW, qui viennent buter contre ses bords à l'Est et à l'Ouest.

Aucun de ces bassins n'est actuellement l'objet d'une exploitation.

En réunissant les documents fournis par les collections du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, du Muséum de Nantes, du Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de Rennes et par mes collections personnelles, celles-ci comprenant de nombreux échantillons presque tous réunis par moi, j'ai pu établir l'inventaire des plantes fossiles actuellement connues des bassins de Quimper et de Kergogne.

1° Plantes fossiles du bassin de Quimper:

Calamites Suckowii Brongn.
C. Cisti Brongn.
Asterophyllites tenuifolius Sternb.
Sphenophyllum cf. *myriophyllum* Crépin.
Pecopteris arborescens Schlot.
P. Cyathea Brongn.
P. hemitelioides Brongn.
P. polymorpha Brongn.
P. unita Brongn.
P. dentata Brongn., var *delicatula* Brongn.
Alethopteris Serli Brongn.
Sphenopteris obtusiloba Brongn.
Nevropteris sp.
Cordaites borassifolius Unger.

Dicranophyllum cf. *striatum* Gr.
Doleropteris cf. *gigantea* Goepp.

Le fond de cette liste se compose d'espèces stéphaniennes (*P. Cyathea*, *P. arborescens*, *P. hemitelioides*, *P. polymorpha*, *P. unita*) et de quelques autres à large extension westphalienne-stéphanienne (*C. Suckowii*, *C. Cisti*, *P. dentata*, *C. borassifolius*); mais on y remarque trois espèces appartenant surtout au sommet du Westphalien et à la base du Stéphanien : *Asterophyllites tenuifolius*, *Alethopteris Serli*, *Sphenopteris obtusiloba*. (Je laisse de côté le *Sphenophyllum myriophyllum* du Muséum de Nantes qu'il serait utile de revoir.)

Il résulte de l'examen de la florule ci-dessus que le faisceau des couches actuellement connues dans le bassin de Quimper doit être classé à la base de la formation stéphanienne.

2° Plantes fossiles du bassin de Kergogne :

Calamites Cisti Brongn.
Asterophyllites tenuifolius Stern.
Annularia cf. *stellata* Schlot.
Pecopteris arborescens Schlot.
P. Cyathea Brongn.
P. Candollei Brongn.
P. Daubrei Zeil.
P. lepidorachis Brongn.
P. densifolia Goepp.
P. polymorpha Brongn.
P. dentata Brongn.
P. Biotii Brongn.
P. cf. *Pluckeneti* Schlot.
Callipteridium Pteridium Schlot.
Alethopteris Grandini Brongn.
A. Costei Zeil.
Odontopteris cf. *genuina* Gr.
Sphenopteris Matheti Zeil.
Dictyopteris Schützei Rœmer.
Lepidodendron sp.
Cordaites principalis Germar.
C. cf. *lingulatus* Gr.

Poacordaites linearis Gr.
Dicranophyllum? sp.

D'après l'énumération ci-dessus, la flore fossile du bassin de Kergogne ressemble beaucoup à celle de l'étage des Calamodendrées tel qu'il existe à Blanzy et à Commentry. Kergogne possède en commun avec Blanzy : *S. Matheti*, *P. Cyathea*, *P. Candollei*, *P. Daubrei*, *P. densifolia*, *P. polymorpha*, *P. Biotii*, *C. Pteridium*, *A. Grandini*, *A. Costei*, *O. genuina*, *C. Cisti*, *A. stellata*, *C. lingulatus*. Cependant, jusqu'à présent, malgré des recherches persévérantes, je n'ai pu parvenir à rencontrer à Kergogne deux espèces caractéristiques de Blanzy : *Callipteridium gigas* Schlot. et *Walchia piniformis* Schlot.

Un fait digne de remarque, c'est la lacune qui existe au point de vue paléobotanique entre le faisceau des couches connues du bassin de Quimper et le faisceau des couches du bassin de Kergogne. Pour expliquer cette lacune, on peut admettre : ou que les sédiments médio-stéphaniens du bassin de Quimper ont été enlevés par érosion ou qu'ils existent, mais dissimulés, par exemple, sous la lèvre sud du synclinal qui, à la suite du plissement carboniférien du massif armoricain, paraît s'être renversée sur les dépôts sédimentaires préexistants.

GÉOLOGIE. — *Quelques considérations sur les surfaces d'égale densité à l'intérieur du globe terrestre*. Note de M. **Ch. Gorceix**, présentée par M. Pierre Termier.

Si, à l'époque où le globe terrestre commençait à se solidifier, il est plausible d'admettre que les matériaux qui le composaient étaient classés par ordre de densité en couches séparées par des surfaces de niveau, il n'en est plus de même aujourd'hui. Les phénomènes divers qui ont créé son relief ont profondément modifié la répartition primitive; les *surfaces d'égale densité* ne sont plus de niveau, elles peuvent être discontinues et, en certains points, l'ordre des densités n'est plus observé. On conçoit donc que les calculs des géodésiens relatifs aux anomalies de la pesanteur, tout en faisant ressortir ces faits, n'arrivent pas à justifier complètement les écarts dus à la répartition inconnue des masses dans l'écorce terrestre; ils donnent cependant des indications précieuses.

Je crois que la compréhension de ces phénomènes et la recherche des conclusions à en tirer seraient facilitées si, au lieu de parler de soubassements

ou de racines impliquant l'idée de solidité relative vis-à-vis de la pyrosphère, on s'en tenait à l'étude d'une couche d'égale densité convenablement choisie. Cette surface ne préjugerait pas de l'état physique des matériaux qu'elle sépare, bien que, dans la réalité, elle puisse avoir, en gros, une relation avec lui; les matériaux légers de l'écorce, sédimentaires pour la plupart, étant moins fusibles que ceux qui forment la pyrosphère, très probablement.

La partie du géoïde qui nous intéresse est celle qui se trouve au-dessus du niveau d'isostasie d'Hayford, lequel doit coïncider avec le *point critique de viscosité* de Weinschenk, que j'ai défini sans savoir qu'il avait déjà un nom [1]. Ce point est celui où la matière, sous l'influence de la chaleur et de la pression croissantes, présente de nouveau, après un maximum, un écartement des molécules égal à celui qu'elle présente au passage des phases solide et liquide et où, par conséquent, elle reprend une rigidité analogue à celle de la phase solide. Le point critique varie d'un corps à l'autre.

Si nous divisons cet espace par la surface correspondant à sa densité moyenne, nous aurons deux volumes : l'un correspondant aux couches les plus légères, en majeure partie solides, l'autre aux couches lourdes plus ou moins visqueuses. Nous pourrons alors étudier les variations de cette surface sous l'influence des modifications superficielles de l'écorce. En adoptant 2,6 pour l'une des densités, 3,0 pour l'autre, la surface à étudier serait celle de 2,8.

Prenons comme surface de comparaison celle de densité 2,8, qui était de niveau au moment de la solidification, et considérons deux voussoirs de Pratt consécutifs, l'un terrestre, l'autre maritime; leurs bases au niveau d'isostasie sont égales et leurs poids égaux. Si donc on désigne respectivement par H, H_1, H_2 et C, h_1, h_2 : la cote du sol, l'épaisseur de la couche de densité moyenne $\delta_1 = 2,6$, l'épaisseur de la couche de densité moyenne $\delta_2 = 3,0$, dans le voussoir marin et dans le voussoir terrestre, nous aurons, en réduisant à 1 la densité 1,03 de l'eau de mer :

$$h_1\delta_1 + h_2\delta_2 = H + H_1\delta_1 + H_2\delta_2, \tag{1}$$

et par définition

$$H_2 + H_1 + H + C = h_2 + h_1, \tag{2}$$

(1) Ch. Gorceix, *Corrélation probable des niveaux de base et des oscillations des fronts glaciaires*, Grenoble, 1919.

d'où l'on tire

$$(3) \qquad H_2 - h_2 = C \frac{\delta_1}{\delta_2 - \delta_1} + H \frac{\delta_1 - 1}{\delta_2 - \delta_1}.$$

Le second membre étant positif, le premier doit l'être, ce qui signifie que la *surface de séparation de densité moyenne est plus près du niveau d'isostasie sous les continents que sous les mers.*

Lorsqu'on fait $C = 0$ (plaine au bord de la mer), h_2 devient la distance h_0 du plan de comparaison au niveau d'isostasie et l'on a

$$H_2 = h_0 + H \frac{\delta_1 - 1}{\delta_2 - \delta_1}.$$

Sous la mer, la surface de séparation s'éloigne du niveau d'isostasie proportionnellement à la profondeur; avec les nombres adoptés $H_2 - h_0 = 4H$.

Si, de même, on remplace la mer par une plaine en faisant $H = 0$, on a

$$h_2 = h_0 - C \frac{\delta_1}{\delta_2 - \delta_1}.$$

Sous le continent, la surface de séparation se rapproche du niveau d'isostasie proportionnellement au relief. Le coefficient serait 6,5.

On voit donc que la surface de séparation a une allure, par rapport à la surface de comparaison, en quelque sorte symétrique du relief du sol, mais avec une amplification variant de 4 à 6,5 des ordonnées. C'est une condition d'équilibre indépendante des hypothèses géogéniques.

Pour des mers très profondes, il se pourrait qu'il y eût suppression complète de la couche supérieure et même débordement de l'autre dans le fond; pour les hautes chaînes avant l'érosion, le contraire a pu se produire et des barrages sous-corticaux se créer qui ont disparu avec l'allégement dû à l'érosion.

Dans les calculs, on ne fait pas intervenir cette déformation de la surface de séparation primitive, il en résulte le *déficit* constaté par Pratt qui représente, exprimé en hauteur de la couche supérieure, la différence de masse causée par cette déformation; c'est-à-dire $(H_2 - h_2)\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_1}$, qui est la valeur de C obtenue dans l'équation (3) ci-dessus lorsqu'on fait $H = 0$. C'est bien l'ordre de grandeur des déficits trouvés jusqu'ici dans les régions montagneuses. C'est d'ailleurs ce qui montre la supériorité de la formule de Faye sur celle de Bouguer, pour déduire la pesanteur vraie de celle observée. Le premier supprime le terme de correction relatif à l'attraction

de la masse située entre le lieu d'observation et le niveau de la mer, c'est-à-dire l'influence de C; ce qui revient à dire que le déficit est égal à la masse au-dessus du niveau de la mer.

Les inégalités restant entre les valeurs observées, après correction de Faye, et les valeurs calculées pour g proviennent de ce que l'équilibre réel n'est pas atteint. Le déplacement du visqueux sous-cortical destiné à l'établir est, comme je l'ai expliqué dans la brochure citée plus haut, extrêmement lent et, avant qu'il soit réalisé complètement, des modifications dans la répartition des masses supérieures peuvent se produire qui exigent de nouvelles positions d'équilibre, elles-mêmes jamais atteintes peut-être. Il peut aussi arriver que ces modifications soient insuffisantes pour vaincre l'inertie et les frottements, tout en ayant une influence sur la gravité si elles se sont produites près du lieu d'observation. Les hypothèses géogéniques devront donc pouvoir expliquer les allures générales de la surface de séparation que nous venons de définir : décapage des matières légères au fond des mers avec accumulation de roches lourdes, et inversement amoncellement sous les continents de roches légères au détriment des roches lourdes; en un mot, déplacement sous-cortical du magma visqueux vers la mer et érosion des bassins marins.

BOTANIQUE. — *La forme ascophore du* Clasterosporium fungorum (*Fr.*) *Sacc.* (Amphisphæria fungorum, *n. sp. Eug. Licent*). Note de M. **Eug. Licent**, présentée par M. Gaston Bonnier.

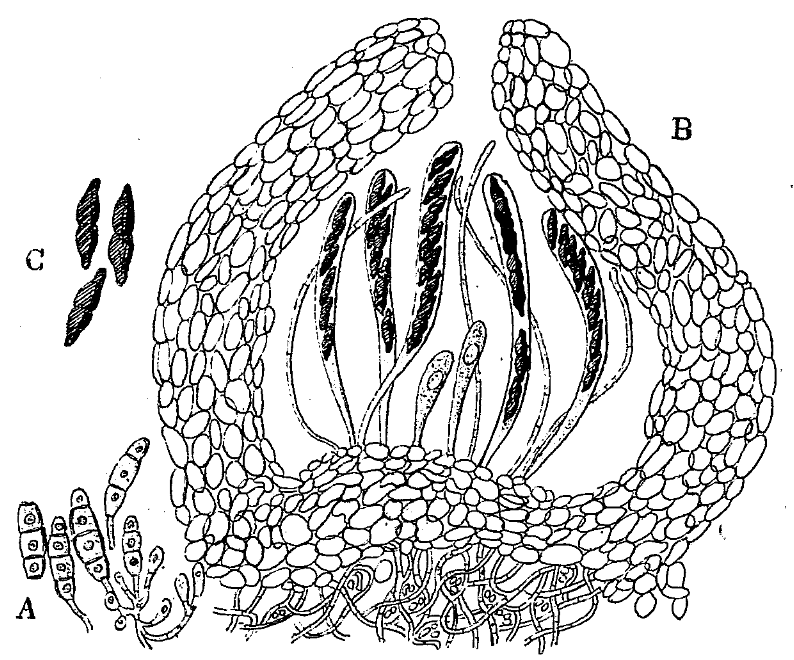
On sait que l'on désigne sous le nom de Mucédinées ou de Champignons imparfaits, de nombreuses formes qui n'ont pu encore être rattachées à des groupes de Champignons définis, soit parce que l'on n'a pas trouvé les appareils sporifères de ces espèces dont on ne connaît que la forme conidienne, soit parce que cette dernière forme seule existerait chez elles.

On a déjà pu rattacher un certain nombre de ces Champignons imparfaits à des groupes connus et nettement caractérisés. Cette Note traite d'un nouvel exemple de ce genre; il s'agit d'une de ces espèces de Mucédinées dont j'ai trouvé l'appareil à asques et qui, par conséquent, doit être rangée dans les Ascomycètes, la Mucédinée déjà décrite par Fries n'en étant que la forme conidienne.

J'observe depuis plusieurs années à Rombies, près Valenciennes (Nord), et toujours dans un même endroit très petit et bien délimité, le *Clastero-*

sporium fungorum (Fries) Saccardo, parasite sur des *Corticium* (*C. calceum* Persoon et *C. lacteum* Fries) qui revêtent en hiver les branches sèches de diverses essences, surtout Orme et Saule blanc.

Sur les croûtes blanches de ces *Corticium*, le *Clasterosporium* apparaît dès novembre sous forme de taches olivacées noirâtres, d'abord petites, plus ou moins orbiculaires et nettement délimitées, puis confluentes. La couleur noire de ces taches est due, comme chez toutes les Dématiacées, à la teinte foncée non seulement des conidies, mais aussi de tous les filaments, mycéliens ou conidifères, du thalle. Les filaments conidifères ne diffèrent en rien des filaments mycéliens. Ils sont très courts et verticalement dressés à la surface du support. Les conidies, qu'ils portent *toujours isolées et terminales*,



Amphisphæria fungorum. — A, forme conidienne; B, appareil à asques; C, ascospores.

représentent simplement leur extrémité libre plus ou moins renflée, allongée, pourvue de 3 à 5 cloisons transverses délimitant 4 à 6 cellules dont les extrêmes, hyalines et marcescentes, se dessèchent à maturité au moment où ces conidies se détachent pour s'agglomérer en un enduit superficiel, noir, mat, fuligineux par le sec, brillant et visqueux par l'humidité. Elles sont alors (voir la figure en A) fusiformes-ovales plus ou moins allongées, obtuses arrondies ou même nettement tronquées aux deux extrémités, de

25^{μ} à 30^{μ} de long sur 5^{μ} à 7^{μ} de diamètre, ordinairement biseptées-3-cellulaires, à membrane d'enveloppe et à cloisons épaisses. Elles sont de plus uninucléées dans chaque cellule.

Bientôt les périthèces apparaissent. D'abord totalement immergés sous l'enduit noirâtre, ils deviennent de plus en plus saillants et se trouvent à la fin presque entièrement libres à la surface.

Complètement développés (voir figure en B), ils sont très petits, de $\frac{1}{3}$ à $0^{mm},5$ au maximum, épars et isolés au début; puis agrégés en masse de plus en plus compactes par l'apparition successive de nouveaux individus de plus en plus nombreux, d'abord olivacés verdâtres et coriaces, puis noirs et carbonacés, glabres et lisses, de forme sphérique ou légèrement ovoïde, avec une ostiole toujours apicale et peu distincte, parfois cependant en papille ou en mamelon assez saillant et plus ou moins ouvert.

En coupe, ils montrent une paroi très épaisse à éléments cellulaires petits, et à leur base une couche hyméniale de même structure en coussinet très net.

Cette couche hyméniale porte des asques très nombreux entremêlés de paraphyses du type ordinaire, linéaires, hyalines, cloisonnées, et non ou à peine renflées à leur extrémité libre.

Asques et paraphyses remplissent toute la cavité du périthèce.

Les asques complètement formés sont en massue allongée, longuement atténuée à la base et obtuse arrondie à son sommet libre, de 300^{μ} à 400^{μ} de longueur sur 20^{μ} à 40^{μ} de largeur, et renferment 8 spores plus ou moins obliquement unisériées.

Ces spores (voir figure en C) sont, à maturité, brunes ou noires, *uniseptées bicellulaires*, très rarement bi-triseptées, ovales fusiformes, atténuées en pointe à leurs extrémités, étranglées par le milieu et assez renflées de chaque côté de la cloison et de l'étranglement.

Tous ces caractères du périthèce et des spores font de ce Champignon une *Sphæriale Sphæriacée* et *Amphisphæriacée*, du genre *Amphisphæria* lui-même, et que je propose de nommer *Amphisphæria fungorum*, n. sp. pour conserver le nom de la forme conidienne connue depuis longtemps, nom qui caractérise bien le mode de vie de cette Mucédinée sur le thalle de diverses Théléphoracées. Tel est aussi l'avis de M. Patouillard, qui a bien voulu contrôler mes déterminations en examinant les échantillons et les coupes que je lui ai communiqués.

BOTANIQUE. — *Sur l'évolution du chondriome et des plastes chez les Fucacées.* Note de M. G. MANGENOT, présentée par M. L. Mangin.

Les travaux de Guilliermond ont montré que, chez les végétaux supérieurs, les chloroplastes proviennent de la différenciation de mitochondries. Chez les Bryophytes, au contraire, Scherrer, Sapèhin et Mottier ont signalé la persistance, dans toutes les cellules, de chloroplastes à côté des mitochondries. Comment se comportent à cet égard les Algues d'organisation supérieure, telles que les Fucacées? Le Touzé et Nicolosi-Roncati répondent que, chez les Fucacées, les phaeoplastes naissent aux dépens de mitochondries comme chez les végétaux supérieurs. Mais les travaux de ces auteurs sont limités à la cellule initiale du thalle. C'est pourquoi nous avons tenté la solution du problème en l'abordant à tous les stades du développement dans le genre *Fucus* (*Fucus vesiculosus* et *platycarpus*).

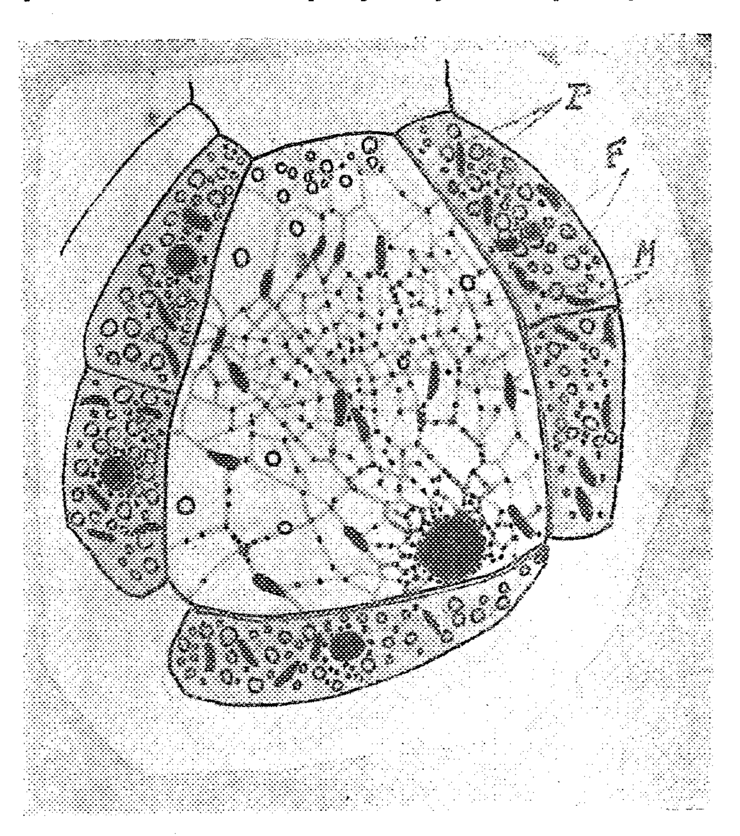
Si l'on pratique une coupe transversale au sommet d'un thalle de *Fucus* en pleine vitalité, à travers la crypte où se cache la cellule apicale, on aperçoit, aux plus faibles grossissements, la région initiale trancher par sa teinte verte sur les autres tissus plus pâles, parce que moins denses, représentés sur la section. Un fort grossissement ne décèle pas exactement, au sein des tissus vivants, la cellule apicale; mais, sur les coupes les plus minces, il est impossible d'apercevoir, à son emplacement probable, une zone incolore, même très limitée. Toutes les cellules sont vertes et renferment de petits phaeoplastes aciculaires; il y a donc de fortes présomptions pour que la cellule apicale en contienne aussi.

La technique cytologique a précisé ces résultats de l'étude vitale. Nous avons donné quelque sécurité à nos recherches, en employant, d'une façon convergente, plusieurs fixateurs; le formol et le liquide de Regaud ont particulièrement bien réussi.

La cellule apicale représentée par notre dessin a été fixée au formol. Elle possède un cytoplasme spumeux; les travées protoplasmiques anastomosées sont semées de nombreuses mitochondries exclusivement granuleuses (M), qui sont bien des mitochondries, et n'ont rien de commun avec le « sphérome » de Dangeard. On aperçoit aussi des plastes (P), bien nets, d'assez petite taille, et correspondant aux phaeoplastes. Enfin, les grains de fucosane (F), colorés en jaune par le bichromate dans la méthode de Regaud, ne sont pas rares. Les cellules voisines ont à peu près la même structure : dans les cel-

lules extérieures, détachées latéralement de la cellule apicale, les plastes se divisent activement et grossissent peu à peu, tandis que les grains de fucosane se font plus nombreux et plus volumineux. Les cellules épidermiques ont leur phaeoplastes localisés à la partie basale, autour du noyau; la région externe est occupée par les mitochondries granuleuses, abondantes, disséminées au milieu du fucosane.

Tandis que, dans ces cellules périphériques, les phaeoplastes atteignent



Cellule apicale de *Fucus*.

de grandes dimensions, en rapport avec leur rôle d'assimilation intense, dans les cellules du corps central, détachées de la base de la cellule apicale, ils restent petits; on les retrouve avec cette petite taille, même dans les régions âgées du thalle. Alors que les fixateurs renfermant de l'acide acétique ne déforment que légèrement les gros plastes des cellules extérieures, ils altèrent, jusqu'à les faire parfois disparaître, les petits plastes, moins imprégnés de pigment, de la cellule apicale et des tissus profonds; il y a donc,

entre les deux catégories de plastes, non seulement une différence de taille, mais encore une différence de résistance aux agents chimiques.

On en arrive à se demander si, dans les cellules du corps central, ces propriétés particulières des phaeoplastes ne sont pas un signe que ces cellules on gardé un caractère embryonnaire; on sait d'ailleurs qu'elles ont des potentialités étendues et peuvent se segmenter activement pour donner des plantules adventives. La région initiale d'une plantule adventive renferme donc de petits phaeoplastes comme celle d'une plantule ordinaire; mais elle les tient des cellules profondes du thalle au lieu de les tenir de l'embryon.

Nos recherches montrent donc que la cellule apicale des *Fucus* renferme des phaeoplastes bien constitués; ce caractère, entre plusieurs autres, la rapproche de la cellule initiale des Sphacélariacées, étudiée par Swingle et Escoyez; et, sans doute, les « microsomes » décrits par ce dernier auteur chez *Stypocaulon* ne sont-ils autre chose que des mitochondries granuleuses.

PHYSIOLOGIE. — *Le vol à voile par vent horizontal de vitesse et de direction invariables.* Note de M. **P. Noguès**, présentée par M. Charles Richet.

Un vent horizontal de vitesse et de direction invariables peut-il devenir une source d'énergie permettant à un oiseau de naviguer en tous sens comme un bateau à voiles?

Nous répondons affirmativement à cette question et nous prenons comme base de notre démonstration le principe suivant qui nous paraît évident.

Si un oiseau, préalablement doué d'une certaine vitesse absolue, horizontale, est en position de planement dans un vent horizontal de vitesse et de direction invariables, il faut et il suffit, pour que la vitesse de cet oiseau augmente, que la réaction de l'air sur le plan de ses ailes puisse donner naissance à une composante positive dans le sens de la vitesse de l'oiseau.

Pour la clarté de notre démonstration, nous examinerons trois positions du plan *mnpq* (voir *fig.* 1 et légende).

Première position. — Le plan *mnpq* est horizontal. Il coïncide alors avec le plan des forces en jeu et ne subit aucune réaction.

Deuxième position. — Le plan a tourné autour de la ligne OA comme

axe, de telle sorte que le courant relatif WO l'attaque par sa face inférieure sous un certain angle i. En l'absence de toute résistance passive,

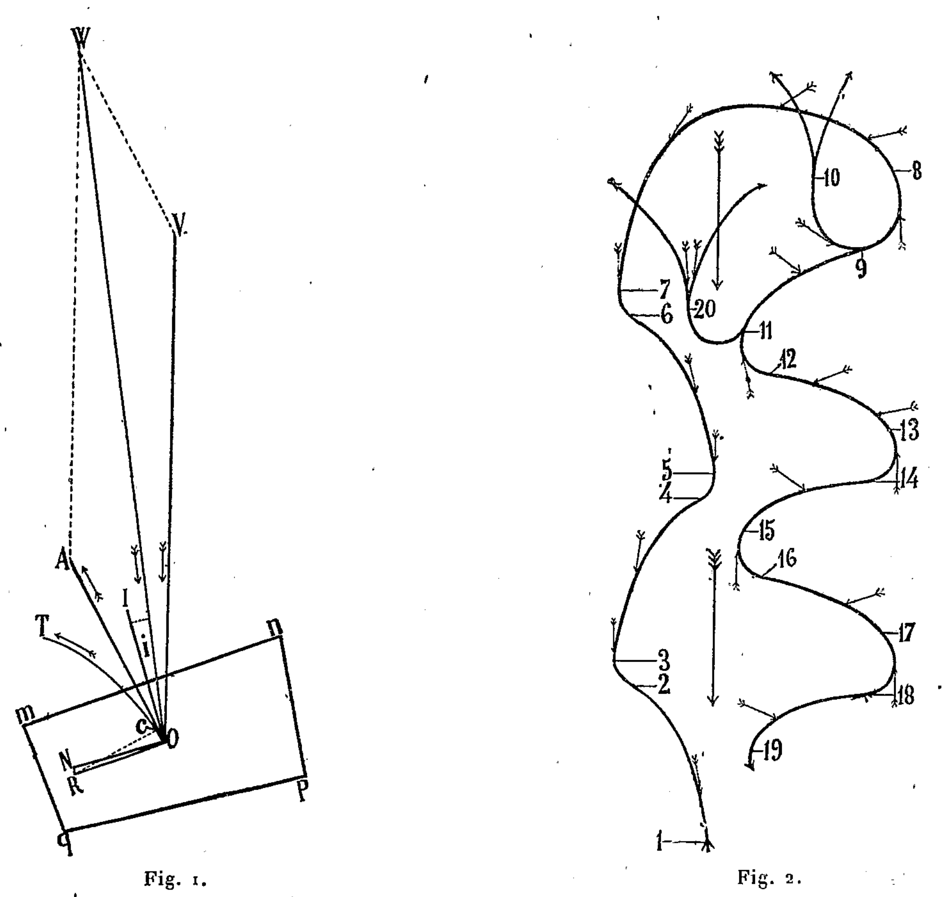


Fig. 1. Fig. 2.

Légende de la fig. 1. — VO, vitesse et direction du vent; OA, vitesse absolue et direction de l'oiseau; WO, vitesse et direction du courant relatif; *mnpq*, plan des ailes; IOV ou i, angle d'attaque du courant relatif, toujours suffisant pour que la composante verticale de la normale ON au plan fasse équilibre à la pesanteur; OR, résultante de toutes les actions de l'air sur l'oiseau; O*c*, composante positive, projection de OR sur OA.

Legende de la fig. 2. — Les grandes flèches indiquent la direction du vent, les petites celle du courant relatif. — De 1 à 7, vol louvoyant contre le vent; de 7 à 10 et de 7 à 20, vol en orbes; de 9 à 19, vol louvoyant dans le sens du vent; de 1 à 2, de 5 à 6, de 12 à 13, de 16 à 17, dérive à gauche avec accroissement d'énergie se traduisant par une accélération positive ou une ascension; de 3 à 4, de 7 à 8, de 9 à 11, de 14 à 15, de 18 à 19, dérive à droite avec accélération positive ou ascension; de 2 à 3, de 4 à 5, de 6 à 7, de 8 à 9, ou de 8 à 10, de 11 à 12, ou de 11 à 20, de 13 à 14, de 15 à 16, de 17 à 18, dépense d'énergie avec accélération négative ou descente.

c'est-à-dire si le plan était infiniment mince et que le corps de l'oiseau n'offrît aucune résistance à l'avancement, les forces en jeu se réduiraient à

la normale ON au plan et cette normale ne donnerait naissance à aucune composante positive ou négative sur la ligne OA, direction de l'oiseau, située dans le plan. La vitesse propre de l'oiseau se conserverait donc intégralement. Mais l'oiseau éprouve des résistances passives, qui, en se composant avec la normale, donnent une résultante OR d'autant plus inclinée vers l'arrière que ces résistances sont plus élevées.

Troisième position. — Si, partant de la deuxième position, nous faisons maintenant tourner le plan autour de l'axe du courant relatif WO, de façon à l'incliner davantage vers la gauche, la droite OA devient oblique au-dessus du plan, de sorte qu'à un moment donné la résultante OR de toutes les actions de l'air sur l'oiseau devient perpendiculaire à OA. Il y a alors conservation intégrale de l'énergie, la projection de cette résultante sur OA étant nulle. Mais il faut que l'oiseau profite de cette période favorable pour acquérir un supplément d'énergie de façon à pouvoir, sans perdre de sa vitesse initiale, passer les points morts et exécuter les virages nécessaires pour louvoyer, comme le navire à voiles, dans une direction moyenne donnée. Il lui suffira pour cela d'augmenter encore légèrement son inclinaison à gauche autour du même axe WO. La résultante OR sera alors oblique sur OA et donnera naissance à la composante positive Oc dans le sens de la vitesse de l'oiseau. C'est ce dont nous avons voulu établir la possibilité.

Pour compléter notre exposé, nous ferons remarquer que la normale ON au plan donne naissance à une composante de dérive représentée en grandeur et en direction par sa projection sur le plan horizontal. Cette composante a pour effet d'entraîner l'oiseau vers la gauche et de lui faire décrire une trajectoire courbe qui tend à le ramener dans la direction du vent. L'oiseau se laissera entraîner plus ou moins par cette force de dérive suivant la manœuvre qu'il désirera exécuter. La figure 2 montre quelques-unes de ses évolutions : vol contre le vent, vol en orbes, vol dans le sens du vent (voir la légende de la *fig.* 2).

L'oiseau organisé pour le vol à voile devra donc : 1° posséder une voilure assez étendue et à grand rendement de façon à pouvoir voler avec un angle d'attaque i très petit, ce qui lui permettra de réduire sa composante de dérive au minimum (ce qui sera particulièrement utile dans le vol contre le vent); 2° être bon projectile, tant au point de vue de la forme (pour que la résultante OR soit le plus rapprochée que possible de la normale), que de la densité de section (pour qu'il emmagasine assez d'énergie pour passer

les points morts) (voir *fig.* 2 et légende). Il devra donc être relativement gros, car, si les surfaces résistantes croissent comme le carré de la dimension, le poids augmente comme le cube.

Le voilier, tel que la nature nous le présente, répond à toutes ces conditions.

Conclusion. — Le vol à voile par vent horizontal de vitesse et de direction invariables est possible et notre théorie permet une interprétation logique et simple des faits observés.

PHYSIOLOGIE. — *Sur une méthode nouvelle d'inscription graphique en physiologie par l'emploi d'un microphone et d'un inscripteur électromagnétique* (1). *Sphygmographe à inscription directe.* Note de MM. **Constantin** et **Soula**, présentée par M. Richet.

Nous avons fait construire un sphygmographe dont le principe est d'inscrire les variations de résistance électrique produites dans un microphone à grenaille par la pression du pouls.

L'appareillage comporte un dispositif explorateur et un dispositif inscripteur.

Le premier est essentiellement constitué par un microphone. Celui-ci est rattaché à une gouttière dans laquelle sera placé l'avant-bras. Le microphone peut à la fois être mobilisé dans tous les sens autour de son point d'appui, et être fixé dans une position déterminée.

L'appareil inscripteur est un électro-aimant devant les pôles duquel oscille un papillon de fer doux pivotant muni d'un stylet.

Le microphone et l'inscripteur sont branchés sur le même circuit. Le courant est fourni par une pile sèche pour lampe de poche.

La méthode peut être généralisée.

Elle paraît susceptible d'une très grande sensibilité.

L'avantage qu'elle offre de réaliser des inscriptions directes, sans déformations d'élasticité, permet d'espérer qu'elle fournira des précisions nouvelles sur certains points.

La méthode permet l'inscription à distance.

Elle permettra sans doute de réaliser facilement l'électrocardiographie d'une manière courante, par l'usage d'un dispositif amplificateur à lampes audion, du type Abraham et Bloch.

(1) Voyez notre Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 165, 1917).

PARASITOLOGIE. — *Sur le « Trypanosome » de la Truite.* Note de Mlle M. Gauthier, présentée par M. Laveran.

Tous les auteurs sont d'accord pour admettre que le premier Trypanosome fut découvert par Valentin en 1841 dans le sang d'une Truite. Mais depuis cette époque et bien que ces organismes, en raison de leur inportance pathogène, aient suscité de nombreuses recherches, personne n'a retrouvé ce parasite historique; et, à cause de l'ancienneté et de la brièveté de la description de l'auteur qui, d'ailleurs, le regardait comme une Amibe, il règne encore quelque incertitude sur sa véritable nature et sa position systématique.

Ayant eu l'occasion de rencontrer cet organisme au cours des recherches parasitologiques que nous poursuivons, nous pouvons maintenant affirmer qu'il s'agit effectivement d'un Hémoflagellé dont nous allons préciser les caractères en montrant qu'il doit rentrer non plus dans le genre *Trypanosoma* proprement dit, mais dans le genre *Trypanoplasma* créé par Laveran et Mesnil en 1901 pour des Trypanosomes de Poissons pourvus de 2 flagelles à direction opposée.

Nous avons trouvé cet Hémoflagellé en décembre dans le sang de Truites indigènes (*Trutta fario* L.) de 25^{cm} à 30^{cm} provenant d'un torrent des environs de Grenoble. Sur 7 sujets examinés 5 étaient infestés mais les parasites étaient très peu nombreux dans chacun d'eux.

Observé en pleine activité vitale dans le sang de la Truite, le parasite se présente comme un vermicule sombre, très granuleux, extrêmement mobile, tantôt allongé et semblant nager en ondulant, tantôt ramassé et se déformant en tous sens comme s'il émettait et rétractait des pseudopodes obtus ou globuleux avec la plus grande rapidité. Sans artifice il est impossible de distinguer les flagelles, et sous ce dernier aspect il n'est pas surprenant que Valentin l'ait considéré comme une Amibe bien que ses mouvements de déformation soient beaucoup plus brusques.

Sa véritable morphologie ne peut être reconnue qu'en ralentissant considérablement son activité métabolique, par exemple en ajoutant au sang du bleu de méthylène physiologique, ce qui fait en même temps apparaître les flagelles.

On constate alors que le corps est allongé, légèrement arqué, de 30^{μ} à 40^{μ} de long (sans les flagelles), sur 5^{μ} à 6^{μ} de large. Son extrémité antérieure (celle qui se porte en avant dans la marche) est rétrécie en une sorte de

trompe transparente extensible, très mobile et déformable, riche en myonèmes et portant un flagelle de 15$^\mu$ environ, complètement libre, ondulant, sensitif. Postérieurement, le corps s'atténue en pointe obtuse avec un court flagelle subterminal presque rigide qui termine une active membrane ondulante prenant son origine à la base de la trompe.

Les formes jeunes que nous avons rarement observées sont transparentes ou à peine granuleuses; mais, chez les formes adultes, tout le corps sauf la trompe est rempli de granulations ovoïdes, réfringentes, assez grosses et d'égale taille, bien vues par Valentin qui se demande s'il ne s'agit pas de grains de pigment mangés par le parasite. Ces granulations, qui ne sont pas de nature pigmentaire, mais peut-être une substance de réserve, donnent à l'organisme vivant, vu par transparence, un aspect sombre très caractéristique. Elles sont projetées dans les expansions multiples et incessamment variées du corps qui se manifestent surtout lorsque l'animal est stationnaire.

Les préparations fixées et colorées au bleu-éosine ne favorisent guère l'étude cytologique en raison de l'abondance des granulations; on distingue toutefois, vers le tiers antérieur du corps, un noyau ovale submarginal, coloré en rouge violet et, plus nettement, en face de lui et un peu en avant, un grand blépharoplaste en bâtonnet arqué, vivement coloré en rouge. Les flagelles, surtout le postérieur, se colorent difficilement et la membrane ondulante est souvent peu apparente.

L'aspect général du parasite, ses granulations et les singuliers mouvements d'expansion pseudopodique brusques, d'enroulement, de déroulement, s'accordent si bien avec les descriptions de Valentin qu'il ne peut y avoir de doute sur l'identité de notre forme avec celle qu'il a observée.

L'Hémoflagellé découvert par Valentin dans le sang de la Truite doit donc rentrer dans le genre *Trypanoplasma*. Dans ce genre, il mérite, en raison de ses caractères particuliers énoncés ci-dessus, de constituer une espèce nouvelle que nous désignerons sous le nom de *T. Valentini* n. sp., la dédiant à la mémoire du premier observateur des Hémoflagellés.

L'agent transmetteur du parasite est selon toute probabilité une petite sangsue, la *Piscicola geometra* L., que nous avons trouvée plusieurs fois fixée sur des truites dans le même cours d'eau.

BACTÉRIOLOGIE. — *Thérapie expérimentale des porteurs de germes.* Note de M. **Tamezo Kabéshima**, présentée par M. Roux.

Au cours de mes recherches sur le « microbe filtrant bactériophage » de d'Herelle (¹), j'ai constaté que la bile d'un lapin ayant reçu dans la veine auriculaire une injection du bactériolysat du bacille de Shiga acquiert un pouvoir bactériolysant très marqué. Voici des exemples :

Dix lapins reçoivent dans la veine une injection de 1^{cm^3} du bactériolysat; quelques temps après, on prélève de la bile pour en examiner le pouvoir bactériolysant à l'égard de bacille dysentérique. Après un laps de temps variant de 30 minutes à 16 heures, allant très rarement jusqu'à 24 ou 48 heures, la bile est aussi active que le lysat lui-même, tandis que la bile de dix autres lapins neufs, même non diluée, n'a aucun pouvoir bactériolysant. On peut donc conclure que, si l'on injecte le bactériolysat de d'Herelle dans la veine d'un lapin, on retrouve toujours le principe bactériolysant dans le contenu de la vésicule biliaire. Cette constatation m'a incité à rechercher s'il était possible de traiter par ce moyen les animaux rendus expérimentalement porteurs de germes. Ce sujet présente un intérêt pratique car jusqu'à présent nous n'avons aucun moyen certain de débarrasser un porteur des germes morbides qu'il peut répandre autour de lui.

Pour préparer des porteurs de germes, j'ai pris d'abord les lapins qui avaient bien supporté l'injection du bacille de Shiga, grâce à la vaccination (²). Je leur ai injecté directement dans la vésicule biliaire, après m'être assuré que la bile n'avait plus de pouvoir bactériolysant, un vingtième d'anse de culture du bacille de Shiga sur gélose, âgée de 24 heures.

Comme traitement des porteurs de germes, j'ai pratiqué, à partir du septième jour, des injections intraveineuses du bactériolysat du bacille dysentérique préparé depuis deux mois.

Les lapins étaient sacrifiés en même temps qu'un nombre égal de témoins, lapins porteurs non traités; le bacille dysentérique était recherché dans la vésicule biliaire. D'une façon générale, les lapins ainsi traités présentaient de la cholécystite ou péricholécystite; de plus, dans la plupart des cas, la bile était décolorée et renfermait des flocons blanc jaunâtre.

(¹) D'Herelle, *Comptes rendus* t. 167, 1918, p. 970.

(²) Kabéshima, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1061.

Le nombre de lapins soumis à cette expérimentation s'élève à 30, mais pour plus de sécurité j'ai exclu les animaux dont la bile ne présentait rien d'anormal ou chez lesquels je n'ai constaté aucun symptôme d'inflammation de la vésicule, c'est-à-dire ceux pour lesquels il n'existait pas une preuve certaine qu'ils étaient restés porteurs de germes, lorsque je les ai tués après le traitement. Les chiffres que je cite ici ne portent donc que sur 24 lapins, dont 12 furent gardés comme témoins.

Les résultats obtenus sont les suivants :

	Mode de traitement.	Nombre d'animaux.
1re série...	2 inj. de 5cm du lysat à 24 h. d'intervalle	1 avec 1 témoin
2e » ...	3 » de 5cm » »	2 » 2 témoins
3e » ...	5 » de 1cm » »	5 » 5 »
4e » ...	7 » de 1cm » »	4 » 4 »

Pour la première série, j'ai tué l'animal le lendemain de la dernière injection; la bile était stérile, mais la culture des parois de la vésicule biliaire donna quelques colonies; j'ai donc décidé de tuer les autres sujets 48 heures après la dernière injection. J'ai constaté la présence du bacille, chez un lapin appartenant à la deuxième série; mais, chez les autres sujets, la bile était stérile. Le bacille de Shiga fut, par contre, trouvé dans la bile de tous les témoins, sauf un de la quatrième série.

Ces expériences montrent que le bactériolysat de d'Herelle, introduit dans la circulation, passe dans la vésicule biliaire où il exerce son action bactériolysante sur les bacilles qui peuvent s'y trouver; il est donc logique de penser qu'il serait possible, au moyen d'un principe bactériolysant actif contre le bacille typhique, d'obtenir un résultat semblable chez les porteurs de bacille d'Eberth.

BACTÉRIOLOGIE. — *Le processus de défense contre les bacilles intestinaux et l'étiologie des maladies d'origine intestinale.* Note de M. **F. d'Herelle**, présentée par M. Roux.

J'ai signalé à propos de la dysenterie et de la typhose aviaire que, en milieu épidémique, l'individu sain abrite fréquemment dans son intestin un microbe bactériophage actif contre l'agent pathogène. Désireux de me rendre compte de l'activité du microbe bactériophage en milieu normal, j'ai examiné, une fois chaque quinzaine pendant dix mois, les selles d'un homme en parfait état de santé. L'essai de l'activité du microbe bactério-

phage a porté, aussi bien dans ces essais que dans ceux dont il sera fait mention plus loin, sur les bacilles dysentériques types Shiga, Flexner et Hiss, les bacilles typhiques et paratyphiques A et B, le *B. coli*, le bacille du hog-choléra et le *B. enteritidis*. Sur 23 examens effectués sans qu'il y ait eu le moindre malaise antérieur, 2 montrèrent la présence d'un bactériophage actif contre le bacille de Shiga, 2 contre les bacilles de Hiss et Flexner, 1 contre le paratyphique A, 3 contre le bacille paratyphique B, 3 contre le *B. coli*; dans tous ces cas, l'activité du microbe bactériophage était relativement peu élevée; enfin un examen a permis l'isolement d'un bactériophage extrêmement actif contre le bacille du hog-choléra. Onze examens furent négatifs. Au cours de ces dix mois, le sujet présenta à deux reprises différentes des troubles intestinaux, très légers d'ailleurs; dans le premier cas, j'isolai le lendemain un microbe bactériophage très actif contre le paratyphique B et le *coli*, dans l'autre très actif contre le bacille de Hiss et légèrement actif contre le bacille de Flexner et le *B. coli*. Deux jours après, dans les deux cas, toute activité avait disparu.

J'ai vérifié en plusieurs circonstances et sur des sujets d'âges divers, toujours en milieu non épidémique, que chaque fois qu'un trouble intestinal, si léger soit-il, se produit, on peut isoler des selles un microbe bactériophage actif contre l'un ou l'autre des bacilles intestinaux. La persistance de l'activité du microbe bactériophage est généralement en rapport avec la gravité du trouble; elle se prolonge rarement plus de huit jours.

J'ai ensuite étendu ces recherches aux individus réfractaires.

1° En milieu contaminé :

Dans les fermes infestées de typhose aviaire les excréments de tous les animaux examinés : chevaux, vaches, porcs, chèvres, oies, renfermaient un microbe bactériophage actif contre le bacille de la typhose. Toutefois, même chez l'oie où l'activité était la plus forte, l'intensité de l'action du microbe bactériophage était loin d'égaler celle qu'il possédait chez les poules convalescentes. Ce qui importe pour la défense intestinale, ce n'est pas tant l'intensité, mais la rapidité de l'adaptation, la bactérie pathogène est alors attaquée dès son entrée dans l'intestin et tout début de culture est empêché. En dehors du milieu épizootique, je n'ai jamais pu déceler chez aucun animal une activité quelconque du microbe bactériophage intestinal pour le bacille de la typhose aviaire.

2° En milieu non contaminé, sur des animaux vivant d'une manière normale :

29 chevaux, d'écuries diverses soit en ville, soit à la campagne, présentèrent tous un microbe bactériophage actif : chez 6 contre l'un ou l'autre des bacilles intestinaux désignés, chez les 23 autres contre tous ces germes à la fois, mais à des degrés différents. Des examens journaliers portant sur un même cheval montrent qu'il se produit des variations brusques dans l'activité respective du microbe bactériophage pour les divers bacilles attaqués : un jour, par exemple, cette activité sera maxima pour le bacille de Shiga et minima pour le paratyphique B, le lendemain ce sera l'inverse; toutes les combinaisons possibles se produisent tour à tour.

Chez la poule, 23 examens portant sur des animaux vivant dans sept régions différentes m'ont permis d'isoler dans tous les cas des microbes bactériophages actifs, souvent très actifs, contre un ou plusieurs bacilles intestinaux, avec, également, une variabilité extrême d'un jour à l'autre.

Le singe (1 examen), le chat (2), la vache (4), le porc (3), le lapin (5), le rat (3), l'oie (5), m'ont fourni des résultats semblables. L'activité du microbe bactériophage étant en général particulièrement élevée pour les bacilles dysentériques des types Hiss et Flexner.

L'activité du microbe bactériophage vis-à-vis d'une bactérie donnée ne peut s'expliquer que par suite d'une culture aux dépens de cette bactérie : toutes les modalités de l'action du microbe bactériophage *in vivo* et *in vitro* le démontrent; d'autre part, toutes les observations concordent pour prouver que, dans l'organisme, le microbe bactériophage cesse d'être actif vis-à-vis d'une bactérie peu de jours après la destruction de cette bactérie. Chez les animaux, l'ingestion de bacilles dysentériques, typhiques et paratyphiques doit donc être extrêmement fréquente puisque chez eux le microbe bactériophage intestinal est, à part de rares intermittences, doué d'un pouvoir bactéricide pour l'un ou l'autre de ces bacilles, et très souvent contre plusieurs à la fois. Chez l'homme même, bien moins exposé à la contagion par suite d'un mode de vie différent, l'activité du microbe bactériophage est très fréquente : chaque fois qu'elle se produit, ce ne peut être que l'indication d'un début d'infection qui généralement passe inaperçu; le microbe bactériophage, par suite d'une adaptation rapide, détruit les germes envahisseurs avant toute multiplication. Mais l'adaptation immédiate, qui est la règle absolue chez l'individu réfractaire, peut exceptionnellement ne pas se produire chez l'individu sensible et, dans ce cas, la maladie se déclare. Quelles peuvent être les causes du délai d'adaptation du microbe bactériophage à la bactériophagie? L'étude du mode d'action

in vitro montre que l'une des causes principales doit être une modification de l'état, chimique ou physique, du contenu intestinal au sein duquel se produit le phénomène.

Ce qui se dégage de ces observations, c'est l'ubiquité des germes dysentériques, typhiques et paratyphiques; l'extrême fréquence des infections avortées par suite de l'accoutumance rapide du microbe bactériophage à la bactériophagie vis-à-vis du germe envahisseur; la similitude du processus de défense chez l'individu sensible et chez l'individu réfractaire.

BACTÉRIOLOGIE. — *La flore bactérienne des eaux d'égouts épurées par le procédé dit des « boues activées ».* Note de MM. **Paul Courmont** et **A. Rochaix**, présentée par M. Fernand Widal.

Nous connaissons par les travaux de Fowler, Ardern, Lockett, etc., en Amérique et en Angleterre, de Dienert, en France, les phénomènes chimiques qui se produisent au cours de l'épuration des eaux d'égouts par le procédé des « boues activées ». La diminution considérable des germes microbiens dans l'eau épurée a été démontrée par Ardern, Hatton, Bartow (1915), Russel et Bartow (1916). La nature biologique du phénomène de la nitrification a été établie par Ardern et Lockett (1915), et Russel et Bartow (1916).

Mais on s'est peu préoccupé de rechercher le rôle que peuvent jouer les autres microbes, soit au point de vue de la transformation ou de la destruction des substances ternaires, soit au point de vue de la dégradation des matières albuminoïdes, préparant ainsi l'action des microbes nitrificateurs renfermés dans les boues.

Cette Note préliminaire a pour objet de confirmer la diminution des germes microbiens dans les eaux épurées et décantées, et de donner un premier aperçu sur leur flore microbienne.

La numération des microbes aérobies a été faite par la méthode classique de Miquel et celle des anaérobies par le procédé des tubes de Vignal.

Nos recherches ont porté sur deux échantillons de sewage provenant des égouts de la ville de Lyon, dont un seul nous a été soumis avant d'être traité. Nous n'avons pu ainsi pratiquer une numération préalable que sur le premier échantillon. Ces échantillons étaient de provenance très différente

mais renfermaient tous deux des matières fécales. Ils ont été soumis à l'aération dans un appareil dans lequel l'air était introduit par aspiration au moyen d'une trompe dont le débit d'air fut réglé à 150 litres à l'heure et renfermant des boues activées (nitrification de 10^{mg} environ d'ammoniaque par litre et par heure). Ces deux échantillons ont été mis en contact avec des boues activées provenant d'eaux d'égout de même origine.

Les prises pour les essais bactériologiques furent effectuées au bout de plusieurs jours d'aération. Dans des tubes stériles les liquides étaient abandonnés pendant quelques instants à la décantation (la flocculation, comme on sait, est très rapide). Les ensemencements de l'eau claire surnageante furent faits en cultures aérobies et en anaérobies.

Voici les résultats :

I. EAU ÉPURÉE N° 1. — *a. Numération avant traitement* :

Microbes aérobies...........	154000000 au centimètre cube
Microbes anaérobies........	48000000 »

b. Numération après traitement :

Microbes aérobies	Bactéries non chromogènes non liquéfiantes....	7325
	» chromogènes non liquéfiantes........	45612
	» chromogènes liquéfiantes............	1100
	» non chromogènes liquéfiantes........	11150
	Total...........	65187

Microbes anaérobies : Une seule espèce non chromogène non liquéfiante = 2400 au centimètre cube.

Ces microbes anaérobies sont-ils des anaérobies stricts?

Toutes les colonies d'un tube de Vignal ensemencé avec $0^{cm^3},5$ d'une dilution à 1 pour 100, au nombre de 12 ont été ensemencées en aérobies, en bouillon peptoné ordinaire. Toutes ces colonies ont poussé en 24 heures à 3 jours, sauf une. L'examen de toutes ces colonies a montré qu'il s'agissait du même microbe que nous avons d'ailleurs isolé de nos cultures en aérobiose (microbe n° 2 de la flore aérobie de cet échantillon).

II. Eau épurée n° 2 (après traitement) :

Microbes aérobies	Bactéries non chromogènes non liquéfiantes....	900 au cm^3
	» chromogènes non liquéfiantes........	53275 »
	» non chromogènes liquéfiantes........	3450 »
	» chromogènes liquéfiantes...........	975 »
	Total des aérobies	58600 au cm^3

Microbes anaérobies : Bactéries non chromogènes non liquéfiantes = 800 au centimètre cube.

Comme dans le cas précédent, nous avons cherché s'il s'agissait d'anaérobies vrais ou facultatifs. Les huit colonies obtenues dans le tube de Vignal (ensemencé avec 1^{cm^3} de la dilution à 1 pour 100) ont poussé en aérobiose, en 48 heures en bouillon peptoné ordinaire.

III. En pratiquant de nombreux ensemencements de l'échantillon n° 1 soit sur plaques de gélose, soit sur plaques de gélatine, nous croyons être arrivés à isoler toutes les espèces microbiennes, poussant sur ces milieux, que contenait cette eau. Ces espèces sont en nombre réduit : 7 en tout; le *Bacillus subtilis*, une seule espèce non chromogène non liquéfiante, poussant aussi bien en anaérobiose qu'en aérobiose et 5 espèces chromogènes liquéfiant ou ne liquéfiant pas la gélatine.

Aucune de ces espèces ne peut être identifiée soit au colibacille, soit à une espèce pathogène connue.

Des expériences ultérieures permettront de suivre les étapes de la réduction microbienne globale et celle du nombre des espèces au cours de l'épuration et apporteront quelques précisions nouvelles que nous n'avons pu obtenir au cours de ces premières expériences.

Les espèces isolées de l'échantillon n° 1 sont actuellement à l'étude pour rechercher si elles jouent un rôle dans la destruction des substances ternaires et la dégradation des substances quaternaires, préparant ainsi l'action des microbes nitrificateurs des boues.

Quand à l'échantillon d'eau épurée n° 2, la flore en est également très réduite et ne renferme ni colibacille ni espèce pathogène.

Conclusions. — 1° La réduction microbienne dans l'eau épurée par le procédé des *boues activées* est considérable. Dans l'échantillon n° 1, le nombre global des microbes passe de 202500000 par centimètre cube, à 67587, après l'épuration. Dans l'échantillon d'eau n° 2, ce nombre est de 58600 par centimètre cube, après épuration.

2° Les espèces microbiennes des eaux épurées sont toutes aérobies. Ces eaux ne renferment aucun anaérobie strict. Les germes de la putréfaction paraissent donc détruits.

3° Dans les deux cas, les espèces chromogènes prédominent de beaucoup sur les espèces non chromogènes.

4° La flore bactérienne des eaux épurées est très peu variée. Elle se réduit à un petit nombre d'espèces.

5° Les eaux épurées ne paraissent renfermer ni colibacille ni aucune espèce pathogène classique.

MÉDECINE. — *Sur la préparation et la conservation de la pulpe vaccinale.* Note (¹) de M. **Frédéric Bordas**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans la séance du 15 décembre 1919, M. P. Achalme et Mme Phisalix ont communiqué une Note traitant de la conservation du vaccin antivarioleux dans laquelle les auteurs estiment que nos recherches, résumées dans une Note *Sur la préparation et la conservation des sérums et vaccins par la dessiccation dans le vide absolu*, ne font que confirmer les expériences qu'ils ont poursuivies en 1908-1909 au Laboratoire colonial du Muséum et qui ont été publiées dans le *Bulletin de la Société de Pathologie exotique*, le 21 juillet 1909.

Nous nous bornerons à faire remarquer d'abord que le procédé décrit par M. P. Achalme et Mme Phisalix n'offre aucune analogie avec la technique spéciale et rigoureuse de préparation et surtout de conservation du vaccin que nous avons indiquée dans notre Note du 13 octobre 1919 et qu'ensuite le procédé de M. P. Achalme et Mme Phisalix n'a paru que *plusieurs années après* la présentation de nos premiers travaux sur ce sujet avec M. d'Arsonval (²).

M. **L. Monteil** adresse une lettre relative à *une relation entre les crues anormales et les secousses sismiques.*

(Renvoi à l'examen de M. G. Lemoine.)

(¹) Séance du 29 décembre 1919.

(²) D'Arsonval et Bordas, *Comptes rendus*, 1906, t. 142, p. 1058 et 1179, et t. 143, p. 567.

M. **Václav V. Kalčík** adresse un Ouvrage intitulé : *The first fragments of a new science of general characteronomy*.

(Renvoi à l'examen de M. H. Deslandres.)

M. **L. Marty** adresse un Mémoire manuscrit intitulé : *Étude de quelques cytomyces*.

(Renvoi à l'examen de M. E. Roux.)

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 15 décembre 1919.)

Note de M. *M. Plancherel*, Sur la méthode d'intégration de Ritz :

Page 1153 : ligne 7, *au lieu de* x, Φ_1, *lire* $x_1\Phi_1$; ligne 10, *au lieu de* $\frac{\partial\Phi_p}{\partial y}\frac{\partial\Phi_p}{\partial y}$, *lire* $\frac{\partial\Phi_p}{\partial y}\frac{\partial\Phi_q}{\partial y}$; ligne 19, formule (2), *au lieu de* $\sum_{q=1}^{\infty}$, *lire* $\sum_{q=1}^{n}$; lignes 2 et 3 de la note, *au lieu de* évidemment, *lire* éventuellement.

(Séance du 29 décembre 1919.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand*, *Brocq-Rousseau* et *Dassonville*, Action comparée de la chloropicrine sur le charançon et sur le tribolium :

Page 1429, ligne 1, *au lieu de* en moins grand nombre, dans le maïs, *lire* en moins grand nombre que le charançon, dans le maïs.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JANVIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Les Observatoires de Lalande à la place du Palais-Royal et au Collége de France.* Note [1] de M. G. BIGOURDAN.

Ce « petit observatoire », dont nous n'avons pas les dimensions, eut une existence fort courte, car bâti pour Lalande en 1770, il fut abandonné en 1775.

En 1774, Lalande écrit à ce sujet (*Mém. Acad.*, 1774, p. 78), après avoir parlé d'une observation du 19 février 1771 :

Peu après la fin de ces observations, je pris possession [le 4 avril 1771] d'un nouvel observatoire, bâti à la place du Palais-Royal, dans l'angle Nord-Est, à 48°51′46″ de latitude, et quelques toises seulement à l'orient de la méridienne de l'Observatoire royal. M. Bignon, Prévôt des Marchands, et le Conseil de Ville, de qui dépendoit la nouvelle maison qu'on bâtissoit, et dans laquelle je me proposois de prendre une habitation, ordonnèrent qu'il y eût dans les plans de cette construction, un observatoire au faîte de la maison : j'en dirigeai les dispositions, j'y fis mettre un toit tournant sous lequel est placé un quart de cercle de 3 pieds de rayon; sur le côté est une trape dans la direction du Méridien, sous laquelle est une lunette méridienne de 33 pouces, dont les verres sont achromatiques ; j'y plaçai une lunette parallactique de 43 pouces et une lunette achromatique de Dollond.....

Cet observatoire, qui ensuite « a été converti en une chambre », devait se composer d'une seule pièce, qui d'ailleurs n'était pas assez élevée pour permettre d'utiliser l'héliomètre de 18 pieds; et le plancher qui portait le quart de cercle manquait de fixité, car le seul déplacement de l'observateur

---

(1) Séance du 5 janvier 1920.

changeait le fil plomb de 7". En outre, les cheminées des maisons voisines gênaient parfois.

Instruments. — 1. Une *lunette méridienne* faite par Passement, avec objectif achromatique de 33^{po} ($0^m,90$) de distance focale, tournant autour d'un axe de 14^{po} ($0^m,38$) de long. A défaut de pilier, elle était portée, d'après un croquis de Dagelet, par une grosse barre de fer coudée à peu près à angle droit, placée Est-Ouest, la branche horizontale étant scellée dans un mur et la branche verticale dans le plafond. Le texte qui accompagne ce croquis dit que cette barre était d'un côté scellée « dans une forte charpente recouverte de plâtre » et l'autre « clouée dans une poutre qui portoit la terrasse de ce petit observatoire ».

2. Un *quart de cercle* de 36^{po} de rayon, fait par Langlois en 1745. Pour la vis de son micromètre, 600 parties valaient 12′36″,6.

3. Une *pendule* de Julien le Roy, remplacée le 19 janvier 1775 par une autre, de Lepaute, à verge compensée et qui auparavant était au Collége Mazarin.

4. Une *lunette* parallactique.

5. Une lunette achromatique de Dollond, à 3 verres, de $42^{po}\frac{1}{2}$ de foyer, 40^{li} d'ouverture, semblable à celle du président de Saron. Grossissements : 68 et 115 pour les oculaires célestes; — 27, 58, 144, 240, 382 pour les oculaires terrestres.

6. On emploie aussi accidentellement :

— Une lunette achromatique à deux verres, construite par l'abbé Bourriot, de 3^{pi} de long et $20^{li}\frac{1}{2}$ d'ouverture.

— Une lunette achromatique, construite par Stefano Conti, de Lucques, sur les calculs de Boscovich; elle avait 3^{pi} de long, 30^{li} d'ouverture et grossissait plus que celle de Bourriot. Parfois on la fixait temporairement au quart de cercle.

— La lunette de 18^{pi} de La Caille.

Les instruments extra-méridiens étaient placés parfois en plein air, sur une terrasse.

Travaux. — Nous n'avons pas les registres originaux des observations. Ce qui nous reste, en dehors de ce qui est publié, se trouve pages 186-250 du registre C. 5, 4 dont j'ai indiqué le contenu. Les seuls observateurs mentionnés sont Lalande et Dagelet. Outre les observations accidentelles, celles de Lalande, peu nombreuses, sont faites à la lunette parallactique, avec un micromètre rhomboïdal (☿, ⋞ 1771); celles de Dagelet, du type

général déjà indiqué (⊙, ⋞, pl., etc.), ont surtout pour but de fixer les positions des planètes, observées parfois par hauteurs correspondantes.

Une partie des observations méridiennes des planètes sont publiées dans Lal., *Astr.*, t. IV, p. 626-628 ; les observations accidentelles se trouvent en partie dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*.

Coordonnées. — La position de cet observatoire ne se trouve dans aucune des listes T_1, T_2, T_p, mais seulement dans T_3 :

$$\Delta\mathcal{L} = 0^s,2\,E, \quad \text{soit} \quad 61^m,1 = 31^T,4\,E; \qquad \varphi = 48^\circ 51' 46''\text{-}47'',$$

ce qui donne

$$\Delta\varphi = +\ 1' 32'' \quad \text{ou} \quad 2841^m,7 = 1458^T,0.$$

Ces nombres placeraient l'observatoire tout à fait en dehors de la place du Palais-Royal d'alors et d'aujourd'hui, car ils correspondent au bord Sud actuel de la rue de Rivoli, en contradiction complète avec l'indication de Lalande, « dans l'angle Nord-Est de la place ».

Actuellement, cela pourrait se rapporter au n° 202 de la rue Saint-Honoré, situé à l'angle de la rue de Valois actuelle; mais les plans contemporains (de Turgot, de Jaillot, 1775) montrent que cette dernière n'était pas encore ouverte. D'autre part, des lettres patentes du 22 avril 1769 ordonnèrent l'élargissement de la place à l'Ouest, et d'autres, du 8 mai 1770, imposèrent une architecture uniforme : c'est alors que furent établis les pans coupés N.-E. et N.-O. de cette place, figurés par Verniquet; et ainsi s'explique l'intervention vague du Prévôt des Marchands et du Conseil de ville dont parle Lalande. Par suite, la maison surmontée de l'observatoire devait être celle en pan coupé du N.-E., qui a été expropriée en 1853, et détruite lors de la construction des magasins actuels du Louvre. A défaut d'un plan de cette maison montrant les détails intérieurs, nous prendrons son centre approximatif pour la position de l'observatoire, qui, d'après un report du plan de Verniquet sur le plan moderne à 2^{mm} par mètre, répond à 64^m,5 E. et 2917^m N.; donc

$$\Delta\mathcal{L} = 0' 3'',17 = 0^s,211\,E, \qquad \Delta\varphi = +\ 1' 34'' 44\ N, \qquad \varphi = +\ 48^\circ 51' 45'',44.$$

L'Observatoire du Collège Royal, aujourd'hui Collège de France.

Lalande pensait que Gassendi avait fait au Collège Royal sa célèbre observation du passage de Mercure de 1631; et nous avons dit pourquoi cela est bien improbable. Mais, on l'a vu, Delisle et ses élèves y ont fait quelques observations de 1753 à 1755; même Messier y découvrit la comète 1759 III;

à cette époque on n'y mentionne d'ailleurs aucun local spécial formant observatoire proprement dit.

En 1774 on éleva les bâtiments qui aujourd'hui entourent la cour rectangulaire principale, fermée par des bâtiments sur trois côtés, ouverte par le quatrième sur la rue des Écoles; et Lalande, suppléant puis successeur de Delisle, obtint alors la construction d'un observatoire dépendant de la chaire d'Astronomie. On peut assigner à cette fondation la date de 1775, car Lalande dit qu'il commença d'habiter le Collége en juin et d'y établir les intruments en octobre de cette année.

Nous n'avons ni description ni dimensions de cet observatoire, que Lalande dit être « petit », quoique ailleurs il écrive (*J. des Sav.*, 1777, p. 621) :

> On a construit, au Collége Royal, un observatoire grand et commode à l'usage du Professeur d'Astronomie, dans lequel j'ai fait pratiquer toutes les dispositions nécessaires à l'Astronomie moderne, même la place d'un grand quart de cercle mural, que j'espère y voir placer quelque jour (1).

Cet observatoire, constitué probablement par une seule pièce, n'était pas assez élevé pour permettre d'utiliser l'héliomètre de 18^{pi} dont Lalande disposait déjà au Luxembourg vers 1755. Il y avait une terrasse au-dessus, où l'on transportait parfois la machine parallactique, car l'horizon était encombré par les cheminées des colléges voisins. Il y avait aussi un dôme tournant, placé à un étage au-dessus de la lunette méridienne, et abritant un quart de cercle. Nous verrons que cette lunette méridienne n'était pas posée sur des piliers, comme à l'ordinaire; le dôme tournant lui cachait les étoiles de la Grande Ourse à leur passage inférieur.

Dans un rapport au Comité d'Instruction publique, du 24 brumaire an III (1794 novembre 14), Lalande dit que cet observatoire manque de solidité, et qu'il ne renferme pas assez de bons instruments pour être bien important; toutefois il propose de le conserver pour former et exercer les élèves, qui autrement dérangeraient trop les astronomes.

La construction en fut sans doute assez légère, car en 1806 il tombe en ruines, écrit Lalande au Ministre de l'Intérieur; et le devis des réparations s'élève à 15000^{fr}. Le Bureau des longitudes demande cependant cette restauration et il semble qu'elle fut exécutée, quoique Lalande ne le dise pas

---

(1) La construction de cet observatoire fut conduite par Mégnié, ingénieur en instruments de mathématiques (*J. des Sav.*, 1790, p. 490, et C.5, 4, p. 251).

très nettement (*Mag. Encyclop.*, t. I, 1807, p. 374). A la même époque Cassini IV (*Mém.*, p. 72) dit que le constructeur Billiaux exécute pour le Collége de France un toit tournant de 6pi de diamètre et d'un type nouveau.

Comme Lalande dans les dernières années de son histoire annuelle de l'Astronomie ne mentionne pas les travaux faits dans cet observatoire, on peut conclure hardiment qu'ils furent insignifiants.

Lalande, mort le 4 avril 1807, fut remplacé dans sa chaire par Delambre qui n'a pas formé d'élève observateur; il devait exercer fort peu ses auditeurs au maniement des instruments, et sans doute n'attachait pas grande importance à cet observatoire; du moins il n'en est plus question avant 1836.

Une loi de 1832 dite des 93 millions, votée après les funestes journées de 1832, consacrait 700000fr au Collége de France, tant pour la restauration des bâtiments existants que pour la construction des nouveaux qui devaient l'achever. Mais les crédits furent dépassés; aussi fallut-il revenir devant le Parlement pour en obtenir de supplémentaires, d'ailleurs dépensés déjà : c'est la discussion qui eut lieu alors, en 1836, à la Chambre des Députés, principalement entre Arago et Thiers, alors président du Conseil et ministre des Affaires étrangères, qui nous fournit quelques indications sur l'Observatoire du Collége de France. Pour plus de clarté, ajoutons qu'à partir de 1818 L. Mathieu, beau-frère d'Arago, avait suppléé Delambre; mais après la mort de celui-ci (1822 août 19) le Gouvernement lui avait donné Binet pour successeur.

M. *Arago* [1]. — ...Le corps enseignant du Collége, sur la demande d'un professeur d'astronomie théoricien, a demandé une terrasse; peut-être songeait-il à reproduire les fameuses et anciennes terrasses observatoires de Samarcande ou de Bagdad.

J'avoue enfin qu'on a demandé une terrasse. Le seul professeur du Collége qui eût le droit d'émettre un avis sur une question de cette nature s'y est opposé; mais on n'a tenu aucun compte de son opinion. A la terrasse primitive on a même substitué un prétendu observatoire; parlons maintenant de cette étrange construction... le nouvel observatoire est sur un comble, sur un comble d'une bâtisse sans solidité, d'une bâtisse étayée.

Du moins les abords du nouvel observatoire seront faciles. En cela même vos prévisions seront trompées; pour entrer, il faut presque se coucher.

Vous voilà enfin dedans. Vous apercevez d'abord une petit trappe tant bien que

---

(1) *Archives parlementaires,* 2e série, t. 103, p. 616, et ARAGO, *Œuvres*, VI, p. 604.

mal orientée, pour indiquer qu'un deuxième observatoire doit avoir une lunette méridienne....

Dans un observatoire, il faut un toit tournant, c'est-à-dire un toit mobile, portant une certaine ouverture, susceptible d'être dirigée vers l'endroit du ciel où l'on veut observer. Au collége de France, il y a une ouverture; mais rien ne tourne.

Arago ajoute que cet observatoire ne saurait servir même pour exercer les élèves : non seulement, en effet, on ne pourrait y installer aucun des instruments de l'Astronomie moderne, mais pas même ceux dont on se sert en campagne.

Thiers répond :

...Je suis placé entre M. Arago... et le professeur du collége de France, pour un observatoire qui n'a pas été inventé par le conseil des bâtiments civils, mais par Lalande, car il porte le nom d'Observatoire Lalande.

Eh bien ! entre M. Arago, qui ne voulait pas d'observatoire au collége de France, et M. Binet qui était compétent, et le souvenir de Lalande, comment l'administration pouvait-elle se décider? Elle devait s'adresser au corps des professeurs. Elle l'a fait, et vous verrez dans une délibération signée par M. Silvestre de Sacy, ces mots : « Il faudra aussi conserver l'observatoire. » Que voulez-vous donc que je fasse? Sans doute je dois respecter l'avis des savants, mais je ne suis pas obligé de les mettre d'accord. (*On rit de nouveau.*)

M. Arago ne veut pas de l'observatoire, mais M. de Lalande l'avait voulu, puisqu'il l'avait fait construire; M. Binet, professeur d'astronomie le demande, et une délibération du collége de France déclare qu'il faut le conserver...

Et le ministre explique, en reproduisant les raisons données par le Collége, que l'Observatoire est nécessaire pour enseigner le maniement des instruments aux élèves. Puis il continue ainsi :

« Il permet, ajoute le professeur, de faire connaître les constellations, de faire voir les taches du Soleil, le disque lunaire, les satellites des planètes, l'anneau de Saturne; on y peut faire usage de plusieurs instruments de géodésie, d'astronomie nautique, et en général des instruments dont un voyageur instruit doit se servir pour recueillir les données utiles à la géographie.

« M. le professeur fait observer que la Science dont l'enseignement lui est confié ayant un caractère éminemment physique, une grande partie de l'instruction que ses auditeurs doivent obtenir du cours qu'il fait serait compromise si l'observatoire était supprimé, et si le professeur était privé des moyens de rendre sensible l'emploi des instruments, ainsi que les méthodes d'observation. »

Voilà, Messieurs, les motifs qui m'ont frappé....

Arago répète que le « nouvel observatoire » ne peut servir même à exercer les élèves, qu'il « est construit de telle manière qu'on ne peut pas y pénétrer avec un instrument de quelque dimension » et que, d'ailleurs,

Lalande n'y a jamais fait aucune observation; en quoi Arago faisait erreur.

D'après une polémique de la même époque, cet observatoire aurait été construit, prétendait-on, d'après les avis de Gambey; mais il paraît qu'on l'avait consulté trop tard. Et Arago (*Œuvres*, VI, p. 611) ajoute :

Le nouvel Observatoire devait avoir, il a déjà eu un autre genre d'utilité : il a donné à M. Binet le titre de *conservateur;* il lui a assuré un logement qu'il était menacé de perdre.

Ainsi, ce second Observatoire, constitué par la tourelle actuelle de l'horloge et par la pièce recouverte d'une terrasse qui règne sur toute l'épaisseur du corps de bâtiment, date de 1834 environ; et, dans la suite, nous n'en trouvons plus de mention. Vers 1880, il fut joint à un appartement, et les instruments qui restaient furent placés dans le laboratoire dépendant de la Chaire de Physique générale et expérimentale, où certains se trouvent encore.

Ce second observatoire occupait-il le même emplacement que celui de 1775? Les fragments de discours que nous venons de rapporter permettent de le croire, mais sans en donner l'assurance formelle; et, comme nous allons le voir, les anciennes coordonnées ne nous renseignent pas davantage. En outre, les vues que nous connaissons du bâtiment de 1774 ne laissent soupçonner, à la place de la tourelle actuelle, rien de ce qui peut rappeler un observatoire. Mais, le 22 février 1776, Lalande écrit (C.5, 5, p. 16) que la lunette méridienne, déplacée pour avoir des mires au Nord, « donne sur une des tours de pierre de Saint-Séverin surmontée d'une fleur de lys, ou rose ».

Le plan de Turgot nous montre cette église avec une seule tour carrée, celle d'aujourd'hui. Peut-être Lalande veut-il parler des clochetons jumeaux placés à chaque angle de la tour; et le méridien du centre de celle-ci est à peu près sur le méridien de la tourelle du Collége de France : raison assez forte pour supposer que l'observatoire de 1775 occupait l'emplacement de celui de 1834.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la distribution et la migration du cuivre dans les tissus des plantes vertes.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy**.

Le cuivre fait partie de la composition de toutes les plantes et plusieurs auteurs se sont préoccupés d'en déterminer la proportion dans un certain

nombre d'espèces vulgaires ([1]); M. Guérithault, à qui l'on doit le dernier travail relatif à cette question ([2]), l'estime à quelques milligrammes (valeurs extrêmes, $4^{mg},6$ pour la gentiane, 17^{mg} pour l'avoine) par kilogramme de matière sèche.

La méthode employée : attaque des cendres par l'acide chlorhydrique, précipitation du métal par l'hydrogène sulfuré, redissolution du sulfure dans l'acide azotique, électrolyse, etc., est beaucoup trop longue pour permettre l'exécution d'un grand nombre de dosages en série; elle exige, d'ailleurs, l'emploi d'une grande quantité de cendres (au moins 5^g), ce qui suppose la possession d'une masse de matière première qu'il est souvent difficile de se procurer et dont la combustion prend beaucoup de temps. Il en résulte qu'on ne sait encore rien de la manière dont le cuivre est naturellement réparti dans les différents organes des plantes. Notre méthode de dosage au ferrocyanure cuprozincique, qui est applicable à moins d'un décigramme de cendres, nous a permis d'entreprendre l'étude de cette importante question.

Tous les nombres qui suivent ont été obtenus en partant de 3^g de matière végétale sèche; les incinérations ont été faites dans des capsules de quartz, chauffées à l'air libre au moyen de brûleurs munis d'ajutages en aluminium. Les pertes de métal sont, du reste, beaucoup plus à craindre que les apports accidentels; la preuve en est que l'on ne retrouve que difficilement, après calcination, la totalité du cuivre que l'on a intentionnellement mélangé à une matière organique peu combustible, comme le sucre, par exemple.

Dans le Tableau suivant, les quantités d'eau sont rapportées à 100 parties de matière fraîche, et celles de cuivre exprimées en milligrammes par kilogramme de matière sèche ou par litre de jus.

	Eau.	Cuivre.
Ailante :		
Jeune bois, 10 mai	42	8
Jeune écorce, 10 mai	46	10
La même, macérée 24 heures dans l'eau	»	8
Bourgeons dormants, 5 avril	71,3	12
» éclos, 10 mai	83,3	10

([1]) V. Wehmer, *Die Pflanzenstoffe*, 1911.
([2]) *Bull. des Sciences pharmacologiques*, t. 18, 1911, p. 633.

	Eau.	Cuivre.
Lilas :		
Jeune bois, 5 avril	42,5	3
» 21 avril	77	8
Écorce, 5 avril	55,6	7,5
Bourgeons ouverts, 5 avril	73,8	7
Feuilles, 8 mai	67,5	8
Fleurs, 8 mai	62,5	7,5
Marronnier :		
Très vieille écorce	»	20
Bois jeune, 4 avril	52,4	4
» 12 avril	58,2	7
Écorce du précédent	52,3	8
Bourgeons dormants, 4 avril	»	20
» éclos, 4 avril	67	18
Pétioles, 12 avril	87,5	14
Folioles, 12 avril	79	23
» 1er mai	78	12
Les mêmes macérées 3 jours dans l'eau chloroformée	»	7
Fleurs, 20 mai	84	16
Feuilles mortes, 20 août	»	12
Noyer :		
Bois jeune, 10 avril	51,9	5,5
» 6 mai	37,5	3
Écorce, 10 avril	55,9	6
» 6 mai	54	5
Bourgeons dormants, 10 avril	57,8	10
» éclos, 17 avril	81,3	13
» épanouis, 6 mai	71,7	20
Troène :		
Bois jeune, 23 avril	55	6
Jeunes pousses, 23 avril	75	6
Vigne vierge :		
Tiges, 29 avril	61	5
Bourgeons, 29 avril	86	18
Aucuba :		
Bois jeune, 5 avril	75,3	6
Écorce, 5 avril	72,3	7,5
Bourgeons, 5 avril	81,5	22
Vieilles feuilles, 19 avril	71,7	4
Jeunes feuilles, 19 avril	82	23
Les mêmes, macérées 2 jours dans l'eau chloroformée	»	15
Graines mûres	»	8

	Eau.	Cuivre.
Buisson ardent :		
Vieilles feuilles, 3 mai	53	3
Jeunes feuilles, 3 mai	70,8	12
Fusain du Japon :		
Vieilles feuilles, 25 avril	68,7	3
Jeunes feuilles, 25 avril	80	12,5
Laurier-cerise :		
Bois jeune, 12 mai	83,2	6
Bois d'un an, 12 mai	52,8	4
Vieilles feuilles, 12 mai	58	3,5
Jeunes feuilles, 12 mai	79,2	13
Lierre :		
Fruits, 30 avril	70	9
Vieilles feuilles, 30 avril	62,7	9
» » 10 mai	62,5	5
Jeunes feuilles	77,6	12
Pommes de terre :		
Tubercules	72 à 78	4 à 6
Jus des mêmes, centrifugé	»	2 à 3
Le même bouilli	»	1
Germes	84 à 91	18 à 28
Jus des mêmes, centrifugé	»	0,25 à 0,75
Carottes :		
Racines	88	11
Jus centrifugé	»	2,5
Le même bouilli	»	1
Épinards :		
Feuilles et pétioles	90,5	19
Jus centrifugé	»	4,5
Le même bouilli	»	0,75
Laitue :		
Feuilles	95,4	40
Jus centrifugé	»	1
Le même bouilli	»	0,75
Romaine :		
Feuilles	94,5	14
Jus centrifugé	»	1,5
Le même bouilli	»	1

	Eau.	Cuivre.
Blé :		
Grain entier	»	4,5
Pois gris :		
Grain entier	»	6
Pois verts :		
Gousses et grains, 28 juin	80	7,5 (1)
Fanes encore vertes, 28 juin	72	9 (1)
Gousses et grains, 26 juillet	85	12
Fanes encore vertes, 26 juillet	85	12
Pois ridés :		
Grains non mûrs, 2 août	80,7	11
Cosses des précédents, encore vertes	85,5	9,5
Grains mûrs, 20 août	»	11
Cosses des précédents, desséchées	»	4
Haricots flageolets :		
Grains non mûrs, 2 août	88,5	11
Cosses des précédents, encore vertes	84,8	9
Grains mûrs, 20 août	»	11
Cosses des précédents, desséchées	»	4,5
Prunes :		
Pulpe du fruit	91	9
Noyaux entiers	24	8,5
Amande	»	19
Coque du noyau	»	5,5
Abricots :		
Amande	»	13
Coque du noyau	»	3
Cerises :		
Amande	»	27
Coque du noyau	»	12
Fèves :		
Grains décortiqués	»	14
Téguments	»	5,5
Haricots d'Espagne :		
Grains décortiqués	»	5,5
Téguments	»	3

(1) Plante récoltée sur une terre de l'Yonne exceptionnellement pauvre en cuivre.

	Eau.	Cuivre.
Ricin :		
Grains décortiqués	»	9
Téguments	»	8

De tous ces chiffres on peut immédiatement tirer quelques conclusions du plus haut intérêt. On voit d'abord que le cuivre se rencontre dans toutes les parties de la plante, ce qui lui suppose une mobilité qu'on ne lui connaissait pas; ensuite que, pendant la période d'accroissement, à part les organes qui sont depuis longtemps mortifiés, comme l'écorce d'un vieil arbre dont le cuivre provient en partie de l'extérieur ([1]), ce métal s'accumule de préférence là où il y a davantage d'eau, c'est-à-dire aux points qui possèdent la plus grande activité vitale. En général, et laissant de côté les phénomènes de maturation qui méritent d'être examinés à part, les organes qui se dessèchent en vieillissant s'appauvrissent en cuivre, pour le céder à ceux qui naissent et se nourrissent de leurs réserves. C'est ainsi que chez les plantes arborescentes les bourgeons sont constamment plus riches en cuivre que le bois et même l'écorce; chez les plantes vivaces qui ne se dépouillent pas complètement en hiver, il en est de même, et les jeunes feuilles contiennent plus de cuivre que les vieilles dans leur matière sèche.

Il est alors évident que ce n'est pas par simple évaporation des solutions alimentaires que le cuivre se dépose dans les tissus végétaux; en d'autres termes, son accumulation n'est pas, comme on pourrait le croire d'après les exemples bien connus de la silice et du carbonate de chaux, la conséquence d'un phénomène uniquement physico-chimique, mais bien celle d'un processus analogue à celui qui préside à la nutrition de la plante.

Si maintenant nous considérons ce qui arrive au moment de la maturation, nous voyons le cuivre se diriger nettement vers les fruits; les graines de légumineuses encore vertes en renferment davantage que leurs gousses, et l'écart s'accentue à mesure que la maturation progresse; c'est exactement l'inverse de ce qui se passe pour le calcium, qui s'accumule dans les cosses comme dans les feuilles mortes et en général tous les organes qui ont évaporé beaucoup d'eau, et ne se trouve qu'en petite quantité dans les grains. On trouve plus de cuivre dans l'albumen ou les cotylédons décortiqués que dans leurs enveloppes; enfin la même différence s'observe si l'on compare l'amande à la coque des noyaux ou à la pulpe des fruits charnus,

---

([1]) A Paris, les poussières noires qui se déposent par temps sec sur les branches d'arbres, renferment du cuivre.

d'où il résulte que la chute de ces organes, lors de leur maturité, est l'une des principales causes de l'élimination du cuivre que les plantes ont absorbé au cours de leur vie active.

Tous ces faits sont en plein accord avec ceux qu'on avait observés pendant la période d'accroissement qui précède celle de maturation. On peut donc dire que les choses se passent comme si la plante utilisait le cuivre à la formation de ses organes et de ses réserves alimentaires.

Une pareille migration qui, sauf la très faible quantité de matière qui est ici en jeu, est en tous points comparable à celle de la potasse, de l'acide phosphorique et des matières albuminoïdes, ne peut porter que sur des corps capables de diffusion, c'est-à-dire solubles ou solubilisables : le cuivre doit donc se trouver, au moins en partie, à l'état de dissolution dans le suc cellulaire. C'est, en effet, ce qui a lieu : le jus de tous les organes végétaux, aussi bien souterrains qu'aériens, renferme du cuivre, quelquefois même en plus grande quantité que la pulpe résiduelle, lorsque sa proportion est faible (pommes de terre); il s'y trouve, soit sous forme de solution vraie, soit sous forme de suspension colloïdale que la centrifugation n'arrive pas à résoudre, et, comme les phosphates, ce cuivre est presque totalement entraîné dans le coagulum qui se précipite lorsqu'on fait bouillir le liquide. La macération dans l'eau, en présence du chloroforme, est d'ailleurs capable d'enlever aux feuilles vertes une partie du cuivre qu'elles renferment.

Donc, en résumé, le cuivre est chez les végétaux un élément essentiellement diffusible et migrateur, au même titre que ceux dont ils se nourrissent et qu'il suit dans leurs déplacements. Cette conclusion inattendue de nos recherches suggère immédiatement une question des plus importantes, mais à laquelle il nous est encore impossible de répondre : la présence du cuivre, en proportion inférieure à sa dose toxique, est-elle nécessaire, favorable ou seulement indifférente à l'évolution végétale, et sa migration un phénomène physiologique normal plutôt qu'un simple effet du hasard?

OPTIQUE. — *Sur une méthode pour la mesure de la transparence atmosphérique.* Note [1] de M. **André Blondel.**

L'absorption variable de lumière par l'atmosphère rend difficiles les déterminations expérimentales directes des intensités lumineuses à grande

[1] Séance du 5 janvier 1920.

distance des projecteurs, ou autres appareils optiques, dont on ne peut étudier convenablement le faisceau direct qu'à une distance d'au moins mille fois le diamètre de la surface éclairante. Dans bien des cas il serait intéressant de pouvoir faire des mesures directes de l'éclairement par le faisceau à une distance de quelques kilomètres; la transparence atmosphérique peut modifier considérablement les intensités apparentes, non seulement d'une journée à l'autre, mais au cours d'une expérience.

On peut mesurer cette transparence atmosphérique par une méthode différentielle analogue à celles employées dans la mesure des pouvoirs absorbants des liquides ou de l'opacité des clichés photographiques et notamment la méthode utilisée dans l'opacimètre de MM. Fabry et Buisson (¹).

La figure 1 représente le dispositif que je me propose de réaliser et

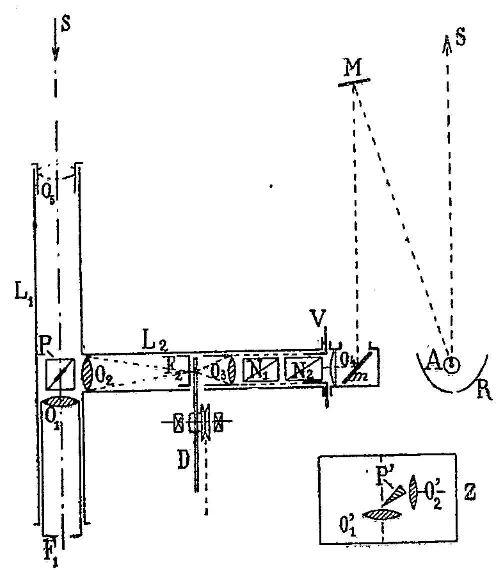


Fig. 1. — Schéma du dispositif : S, direction du poste observé; A, source auxiliaire; R, projecteur pour la renforcer; M, *m*, miroirs; O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, objectifs; D, disque tournant; P, prisme de Lummer-Brodhun; N_1, N_2, nicols; F_1, œilleton; P' prisme simple réfléchissant.

qui dérive directement de celle du spectrophotomètre de Lummer-Brodhun (²).

(¹) Fabry et Buisson, *Journal de Physique*, fév. 1919, 5e série, t. 9, p. 37.

(²) *Zeitschrift Instrumentenkunde*, t. 22, 1902, p. 42. D'ailleurs, l'interposition d'un prisme de dispersion, non représenté, pourrait permettre l'étude de l'absorption atmosphérique relative aux différentes longueurs d'onde.

Une source de lumière A assez puissante, de préférence une lampe électrique à incandescence dans le gaz de 5000 à 10000 bougies, et dont l'intensité à grande distance peut être renforcée, si cela est nécessaire, par un réflecteur parabolique R ([1]), est placée à l'un des postes de projection ou d'observation et envoie ses rayons sur l'autre poste; ils sont réfléchis par un miroir et reviennent tomber sur l'appareil du premier poste; ils arrivent sur un double prisme de Lummer-Brodhun P sous forme d'un faisceau de lumière parallèle dont l'intensité varie en raison inverse du carré du trajet parcouru.

Le même prisme reçoit, d'autre part, un faisceau de lumière parallèle produit par le collimateur O_2 éclairé par un trou ménagé dans un diaphragme disposé à son foyer F_2. Ce trou est éclairé par un système optique quelconque recevant d'autre part l'éclairement de la source A; par exemple un miroir M, placé à faible distance, renvoie des rayons de la source sur un miroir *m* logé dans le tube L_2 ; on les rend parallèles par un objectif O_4 et les reconcentre par un objectif O_3 faisant son foyer en F_2; dans le parcours entre O_3 et O_4, le faisceau peut être affaibli à volonté par deux nicols croisés N_1 et N_2; on peut affaiblir encore le faisceau si l'on veut par un disque tournant de Masson D. L'œil de l'observateur est placé au foyer F_1 d'un objectif O_1 très rapproché du double prisme P; il voit ainsi les deux plages du prisme nettement délimitées et éclairées respectivement par les rayons parallèles provenant du poste éloigné (qui remplace un des collimateurs de Lummer-Brodhun) et par l'autre collimateur O_2. Il suffit de faire un tarage de l'appareil à petite distance, par exemple à quelques dizaines de mètres dans un laboratoire, pour obtenir le coefficient de l'appareil, c'est-à-dire le rapport entre l'intensité de la source lumineuse directe et l'intensité de la source réfléchie. C'est après ce tarage qu'il est utile d'ajouter le disque tournant D qui permet d'affaiblir par exemple au $\frac{1}{1000}$ l'intensité lumineuse de la source directe; on peut aussi, après le tarage, employer au lieu de M un miroir en verre noir d'affaiblissement connu.

La réflexion de la lumière peut être réalisée, dans le poste éloigné, par un miroir de grandes dimensions en glace de Saint-Gobain, par exemple de $2^m \times 2^m$, monté à la cardan comme un projecteur et muni d'une lunette chercheuse. La difficulté du réglage de l'orientation du miroir peut être tournée en faisant la réflexion par un tétraèdre régulier formé de trois glaces découpées en triangles équilatéraux et assemblées par leurs arêtes de façon que les surfaces réfléchissantes soient tournées vers l'intérieur.

([1]) Certains projecteurs d'aviation de petites dimensions donnent 5000 B.

Le faisceau de lumière que recevra cet appareil de la source A sera renvoyé automatiquement sur l'observateur lui-même. Celui-ci pourra d'autre part régler facilement l'orientation de sa lunette L_1 en ajoutant au bout de celle-ci pour le réglage préalable un objectif O_5 ayant pour longueur focale la distance $O_5 O_1$; le faisceau de lumière parallèle, venant du tétraèdre réfléchisseur, aura comme image un point lumineux (ou une tache lumineuse très petite) que l'observateur n'aura qu'à amener au centre de l'objectif O_1; puis après avoir immobilisé l'appareil il enlèvera l'objectif O_5.

L'œilleton F_1 placé au foyer de O_1 doit avoir un diamètre du même ordre de grandeur que celui de la pupille, et l'on s'assurera préalablement, en regardant cet œilleton à l'aide d'une loupe ou d'un oculaire, que les deux images (celle de la source située à l'infini et celle du trou F_2) se forment toutes deux au centre de cet œilleton, toute image étrangère étant arrêtée par le diaphragme dans lequel il est percé.

La pupille reçoit donc tout le flux lumineux provenant de chacune des deux sources.

Soient s la surface observée, supposée, pour simplifier (¹), dans le plan du centre optique de la lentille O_1, f la longueur focale de cette lentille, r le rayon d'ouverture de la pupille de l'observateur; I l'intensité de la source de lumière A, L la distance des deux postes (et par conséquent 2L l'espace franchi par les rayons de la source), k le coefficient de réflexion du système réflecteur placé à l'autre poste, a le coefficient de transmission de la lumière à travers l'atmosphère. Le flux lumineux F reçu de la source A par la surface S a pour expression

$$F = \frac{kIs}{4L^2} a^{2L}.$$

Le flux F′ reçu par la pupille d'une même surface s présentant les propriétés d'une surface diffusante de brillance i' est

$$F' = \frac{\pi r^2}{f^2} i's.$$

Le rapport des brillances apparentes pour l'œil de l'observateur sera

$$\frac{i}{i'} = \frac{F}{F'},$$

(¹) On suppose que l'on a affaire à une lentille mince; le fait d'employer une lentille épaisse ne change rien au résultat.

d'où en remplaçant F et F′ par leurs valeurs, on tire

$$i = \frac{k \mathrm{I} a^{2\mathrm{L}}}{4\mathrm{L}^2} \frac{f^2}{\pi r^2}.$$

Pour apprécier l'ordre de grandeur, supposons d'abord pour simplifier $k = 1$, $a = 1$, $\mathrm{I} = 5000$ bougies, $\mathrm{L} = 1000^{\mathrm{m}}$ (entre les deux postes); $f = 300^{\mathrm{mm}}$ [distance normale ordinairement adoptée pour la vision distincte sans fatigue (¹)], et admettons pour le diamètre de la pupille 6^{mm} (²). En substituant ces chiffres dans la formule précédente, on obtient

$$i = \frac{5\,000\,\mathrm{B}}{4\,000\,000} \frac{(0^{\mathrm{m}},30)^2}{\pi.(0,006)^2} = 1 \text{ B. par m}^2.$$

La brillance obtenue est donc suffisante pour faire une bonne mesure photométrique; un éclairement de 1 lux représentant 0,1 milli-lumen par centimètre carré et produisant, si la surface éclairée suit exactement la loi de Lambert, une brillance apparente de $\frac{1}{\pi}$ B : m².

En admettant un pouvoir réflecteur de 50 pour 100 pour le tétraèdre réflecteur, on voit qu'il reste une suffisante marge pour mesurer des absorptions atmosphériques, même considérables si l'on accroît I.

On peut, comme on le voit dans le cartouche Z de la figure 1, remplacer le double prisme P Lummer-Brodhun par un prisme ou coin en verre noir P′, comme celui qui est remployé dans le microphotomètre Cornu.

Enfin, si l'on renonce à l'avantage d'utiliser la même source pour les deux plages éclairées, rien n'empêcherait d'utiliser le luxmètre que j'ai décrit antérieurement et dans lequel existe un écran d'albatrine éclairé par un filament incandescent de longueur réglable; il suffirait d'ajouter dans cet appareil un tube portant l'objectif O_1 et l'œilleton F_1 et une lunette extérieure pouvant recevoir l'objectif O_5 servant à l'orientation de l'appareil sur une source de lumière auxiliaire placée au second poste et maintenue constante (c'est là la difficulté qu'évite le dispositif de la figure 1).

(¹) On placera devant l'œilleton un verre correcteur permettant de compenser la vue de chaque observateur de façon à conserver une longueur f invariable; dans le cas où l'on voudrait faire varier f suivant les observateurs, il faudrait que l'œilleton fût à tirage variable par rapport à l'objectif O_1 et que la lunette de tirage fût munie d'une graduation permettant de lire le f correspondant à chaque observateur.

(²) En réalité, dans l'obscurité, ce diamètre peut atteindre jusqu'à 8^{mm}.

S. A. S. le **Prince Albert de Monaco** fait hommage à l'Académie du fascicule LII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, intitulé : *Poissons provenant des campagnes du yacht* Princesse Alice (1891-1913) *et du yacht* Hirondelle II (1914), par **Louis Roule**, et s'exprime en ces termes :

Voici le troisième volume publié sur les poissons de mes croisières.

La collection étudiée compte 152 espèces dont beaucoup de formes rares des grandes profondeurs. Il s'y trouve surtout des formes bathypélagiques prises entre deux eaux. Elle a fourni à M. Roule treize espèces nouvelles et cinq genres nouveaux.

Parmi les plus remarquables de ces formes nouvelles, il faut citer le *Grimaldichthys profundissimus* qui marque aujourd'hui le maximum de la profondeur habitée. Car il a été pris dans un coup de chalut donné par 6035^{m} dans les parages des îles du Cap-Vert. Il a des yeux très rudimentaires : peut-être même est-il aveugle.

Une autre espèce, nouvelle aussi, du même genre, a été prise également dans un chalut et à 4261^{m} aux Açores.

La fosse de Monaco, dans le sud de cet archipel, a donné par plus de 5000^{m} deux autres poissons nouveaux.

Sept planches doubles, en couleurs, illustrent cet important Mémoire grâce aux Notes prises pendant les croisières par Mlle Jeanne Le Roux et MM. Borrel et Tinayre.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de trois de ses membres qui feront partie du *Conseil supérieur des stations agronomiques et des laboratoires agricoles*.

MM. **A. Lacroix**, **J. Violle**, **E. Roux** réunissent la majorité absolue des suffrages.

PLIS CACHETÉS.

M. Léon Albertini demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 novembre 1919 et inscrit sous le n° 8706.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Trajets polyphasés*.

(Renvoi à l'examen de la Section de Mécaniquei.)

CORRESPONDANCE.

Le Ministre du travail et de la prévoyance sociale, en qualité de président de l'Office national des mutilés et réformés de la guerre, invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie qui aura lieu au Palais du Trocadéro le dimanche 1er février.

M. E. Quénu est désigné.

M. Charles D. Walcott, élu associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les progrès de la Chimie en 1918. Traduction française autorisée des *Annual Reports of the Progress of Chemistry for* 1918. Vol. XV issued by the *Chemical Society*, publiée sous la direction de André Kling. (Présenté par M. A. Haller.)

L'essor des industries chimiques en France. Ressources et avenir de ces industries, par Eug. Grandmougin.

M. C. Delezenne adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les nombres de Fermat.* Note (1) de M. **Léon Pomey**, présentée par M. G. Humbert.

En partant d'un théorème donné par Ed. Lucas (*Atti d. R. Acad. d. Sc. di Torino*, 1878, p. 284) sur les nombres de la forme $2^m - 1$, au sujet desquels on connaît les découvertes célèbres de Fermat et du P. Mersenne, nous avons obtenu les propositions suivantes :

Théorème I. — *Pour que le nombre* $M = 2^m - 1$ *soit premier, il faut et il suffit que l'on ait*

$$\left(1+\sqrt{1+2^{m-2n}}\right)^{\frac{M+1}{2}} + \left(1-\sqrt{1+2^{m-2n}}\right)^{\frac{M+1}{2}} \equiv 0 \pmod{M},$$

m étant forcément un nombre premier, et n un diviseur quelconque de $\frac{m-1}{2}$ *assujetti à la seule condition de contenir la même puissance de* 2 *que* $\frac{m-1}{2}$.

Théorème II. — *Pour que le nombre* $M = 2^m - 1$ *soit premier, il faut et il suffit que l'on ait*

$$\left(1+\sqrt{3}\right)^{\frac{M+1}{2}} + \left(1-\sqrt{3}\right)^{\frac{M+1}{2}} \equiv 0 \pmod{M}.$$

Théorème III. — *Si* $M = 2^m - 1$ *est premier,* M *divise les nombres*

$$\frac{(1+2^n)^{\frac{M-1}{2}}+1}{2(1+2^{n-1})} \quad \textit{et} \quad \frac{(1+2^{m-2n})^{\frac{M-1}{2}}+1}{2(1+2^{m-2n})},$$

n étant défini comme ci-dessus.

Théorème IV. — *Si le nombre* $F = 1 + 2^n$ *est premier, tout nombre premier* $M = 2^m - 1$ $\left(\textit{où m est tel que } \frac{m-1}{2} \textit{ soit un multiple impair de n}\right)$ *est une racine primitive de* F.

Théorème V. — *Pour que le nombre* $F = 1 + 2^n$ *soit premier, il faut et il suffit que l'on ait*

$$M^{\frac{F-1}{2}} + 1 \equiv 0 \pmod{M},$$

en désignant par M *tout nombre premier* $2^m - 1$, *où m est tel que* $\frac{m-1}{2}$ *soit un multiple impair de n.*

(1) Séance du 5 janvier 1920.

Enfin voici quelques résultats numériques concernant certains grands nombres et fondés sur la proposition suivante, qui résulte immédiatement de la théorie des résidus quadratiques :

Théorème VI. — *Si le nombre* $8k+1$ *est premier et s'il ne divise ni* 2^k-1, *ni* 2^k+1, *il divise* $2^{2k}+1$.

En conséquence, $2^{78}+1$ est divisible par 313; $2^{100}+1$ par 401; $2^{102}+1$ (donc aussi l'un des deux nombres $2^{51}+2^{26}+1$, ou $2^{51}-2^{26}+1$) par 409; $\frac{2^{108}+1}{17}$ par 433; $\frac{2^{112}+1}{2^{16}+1}$ par 449; $2^{114}+1$ (donc aussi l'un des deux nombres $2^{57}+2^{29}+1$, ou $2^{57}-2^{29}+1$) par 457.

PHYSIQUE. — *Les retards absolus dans le phénomène de Kerr*. Note de M. **Pauthenier**, présentée par M. J. Violle.

Malgré les tentatives intéressantes d'Aeckerlein (1906), de Cabannes (1909), de Mac Comb (1915), d'Himstedt (1915-1918), la question des retards absolus reste entière, parce que ces expérimentateurs n'ont réussi ni à éliminer, ni à calculer l'effet Joule et l'électrostriction, qui se superposent invariablement au phénomène étudié (¹).

J'ai observé par une méthode nouvelle les retards absolus dans la nitrobenzine, malgré la conductibilité relative de ce liquide.

Appareil interférentiel. — L'appareil interférentiel, déjà utilisé par nombre d'expérimentateurs, comprend essentiellement une cuve de Kerr entre deux miroirs de Jamin. Les deux faisceaux lumineux traversent la cuve, l'un entre les armatures du condensateur, l'autre en dehors. Un dispositif simple permet de les polariser soit parallèlement, soit perpendiculairement au champ électrique. La source lumineuse est une étincelle, au foyer d'une lentille, qui envoie sur le premier miroir un faisceau de lumière parallèle. J'observe les franges avec une lunette.

Méthode. — Le principe de la méthode consiste à charger très rapidement le condensateur de Kerr, à l'éclairer brusquement, environ un millionième de seconde plus tard, puis à le décharger dans un délai de l'ordre du cent-

(¹) Cf. pour références : Mouton, *Conférences faites en 1914 à la Société française de Physique* (Gauthier-Villars), p. 160.

millième de seconde. Cet ensemble d'opérations, répété une quinzaine de fois par seconde, produit sur la rétine une impression lumineuse continue.

Le calcul montre et l'expérience confirme d'une façon indiscutable que, dans ces conditions, l'effet Joule est inobservable.

D'autre part, dans un temps de l'ordre du millionième de seconde, en raison de l'inertie mécanique du liquide, la variation d'indice due à l'électrostriction n'a pas le temps de prendre une valeur appréciable entre les armatures du condensateur de Kerr.

Enfin comme, d'après les expériences de MM. Abraham et Lemoine, le temps de disparition du phénomène de Kerr est de l'ordre de 10^{-8} seconde, on peut admettre que dans un temps 100 fois plus grand (10^{-6} seconde), la biréfringence est entièrement établie.

J'ai réalisé pratiquement cette méthode de la façon suivante :

Soient trois condensateurs C (20000 C.G.S.), K condensateur de Kerr (400 C.G.S) et E (3000 C.G.S.), dont les armatures sont respectivement C_1, C_2; K_1, K_2; E_1, E_2. C_1, K_1, E_1 sont reliées entre elles et au sol; K_2 et E_2, isolées, sont réunies respectivement à un point commun P par deux résistances liquides $r = 100$ ohms, $R = 400$ ohms. Les selfs des circuits sont réduites au minimum. C_2 est portée au potentiel V, K_2 et E_2 étant au potentiel 0. On décharge C_2 en la reliant à P par une résistance de l'ordre de 1 ohm. Le calcul montre que dans ces conditions K et E se chargent apériodiquement, chacun comme s'il était seul. La constante de temps du circuit (E, R) est 30 fois plus grande que celle du circuit (K, r).

Le condensateur E est relié par une faible résistance à un déflagrateur dont la distance explosive est réglée de manière que l'étincelle jaillisse sensiblement avant que E ait atteint sa charge maxima. Cette étincelle, qui sert de source lumineuse, et donne des franges très brillantes, rend conductrice la coupure du déflagrateur. C continue à se décharger dans la coupure, à travers R. Cette queue d'étincelle, à cause de R, est très peu lumineuse. Les franges correspondantes sont quasi invisibles.

Le processus des phénomènes est le suivant :

C est portée à un potentiel croissant par une source spéciale à haut potentiel. Quand le potentiel atteint une valeur V réglée par un micromètre à étincelle, C se décharge dans le système (K, E). Le potentiel de K_2 atteint très vite sa valeur maxima, celui de E_2 augmente plus lentement. L'étincelle jaillit au déflagrateur et envoie à la cuve de Kerr un faisceau lumineux intense de durée extrêmement courte, pendant laquelle le champ dans K ne varie pratiquement pas. Puis le système (C, K) se décharge lentement à travers la coupure devenue conductrice, par une étincelle très pâle et de longue durée (la constante de temps du système est de l'ordre de 10^{-5} seconde).

Le calcul et la discussion de ce dispositif, les contrôles expérimentaux auxquels il a été soumis, ne sauraient trouver place ici.

Résultats. — Les résultats déjà obtenus sont les suivants :

1° Pour les vibrations perpendiculaires au champ électrique, dès qu'on introduit K dans le circuit, les franges font, comme dans le cas d'un échauffement, un bond vers le bas du champ de la lunette, où elles restent d'ailleurs parfaitement immobiles : *les vibrations perpendiculaires au champ sont avancées*.

2° Si les vibrations sont parallèles au champ, les franges font au contraire un bond vers le haut : *les vibrations parallèles au champ sont retardées*. Le retard est plus grand que l'avance.

Dès que K est mis hors du circuit, les franges reviennent instantanément à leur position première.

Des mesures quantitatives seront faites ultérieurement.

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des alliages cuivre-antimoine.* Note [1] de M. **Paul Braesco**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

La dilatation des alliages de cuivre et d'antimoine a fait l'objet d'une étude déjà ancienne de M. H. Le Chatelier [2]. La découverte postérieure de points de transformations dans quelques-uns de ces alliages et de leur propriété de prendre la trempe imposait la nécessité de reprendre cette question avec un peu plus de détail.

Pour nos expériences, l'antimoine employé avait été purifié par son passage à l'état d'oxychlorure suivi de réduction par le carbonate de soude et le charbon.

Dans le cas du métal pur, M. H. Le Chatelier a signalé que lorsque le métal est coulé en lingotière, les cristaux sont orientés perpendiculairement à l'axe de la baguette coulée. Pour obtenir le coefficient moyen, nous avons broyé et pulvérisé le métal et aggloméré avec une faible portion (environ 3 pour 100 en poids) de silicate de soude, ainsi que nous l'avions fait pour la silice [3]. Pour effectuer nos mesures, nous nous sommes servi de l'appareil de Chevenard modifié comme pour les expériences précédentes sur la silice.

Voici les résultats de nos mesures :

---

(1) Séance du 29 décembre 1919.
(2) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1444.
(3) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 343.

Coefficient moyen de dilatation entre 100° *et* 300°.

Antimoine pour 100.	Alliages trempés.	Alliages recuits.
0	$16,4 \times 10^{-6}$	$16,4 \times 10^{-6}$
4	17,9	17,9
7	19,1	19,1
15	20,0	20,5
32	23,3	23,8
38,6	23,4	24,2
40	23,3	24,2
45	23,0	23,8
50	21,6	22,5
55	20,0	21,6
72	17,4	17,4
97	11,2	11,2
99	9,3	9,3
Antimoine aggloméré	8,3	8,3
» coulé	10,0	10,0

On remarquera, contrairement à ce que l'on aurait pu penser, que la différence entre les alliages trempés et recuits est assez faible. Nous avons observé qu'un certain nombre d'alliages compris entre 4 et 50 pour 100 d'antimoine présentaient, pour une certaine température, un accroissement de volume considérable, qu'il est impossible de confondre avec les fissures qui se produisent dans certains de ces alliages d'antimoine. La transformation est réversible et l'on peut l'obtenir autant de fois qu'on le désire avec le même alliage. L'augmentation de volume est en relation avec la composition de l'alliage, ainsi que cela résulte des chiffres ci-dessous.

Antimoine pour 100.	Variations brusques de longueur en pourcentage.
4	à peine marquée
7	0,07
15	0,20
32	0,50
38,6	0,62
40	0,57
42	0,33
45	0,27
48	0,13
50	»

On peut remarquer que le maximum a lieu pour 38,6 pour 100 d'antimoine correspondant au composé défini Cu^3Sb ; par contre, le phénomène

est nul pour l'alliage à 50 pour 100 d'antimoine, composition très voisine de celle correspondant à Cu^2Sb, composé défini existant suivant certains

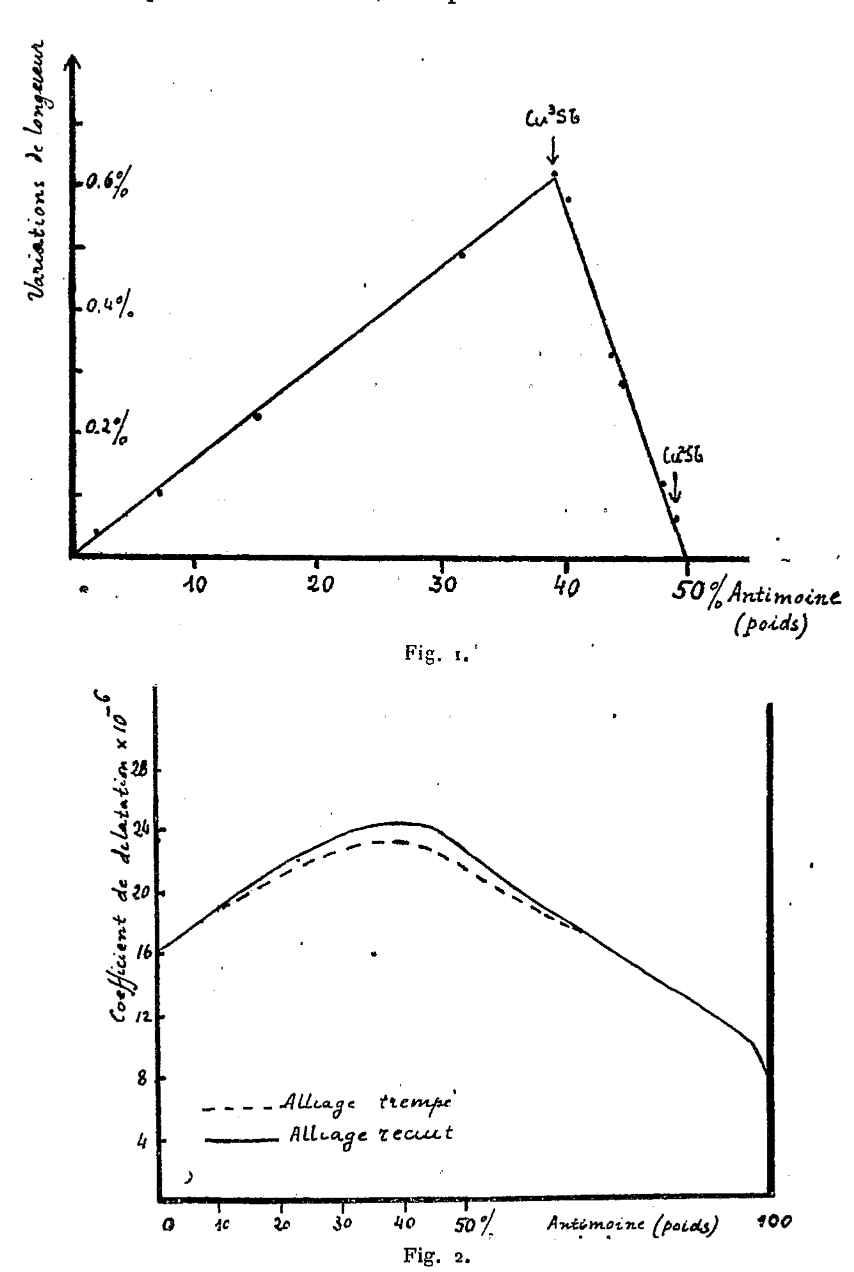


Fig. 1.

Fig. 2.

auteurs. Nos courbes de dilatation n'indiquent pas non plus l'existence de ce composé défini.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tension de polarisation et constitution des complexes cobaltiques*. Note de MM. **N.-R. Dhar** et **G. Urbain**, présentée par M. A. Haller.

La tension de polarisation d'un sel complexe ne dépend pas exclusivement de la constitution de l'ion complexe. Sa valeur est légèrement affectée, même en solutions centinormales, c'est-à-dire en solutions très diluées, par la nature de l'ion de signe contraire qui l'accompagne :

	F. E. M.	Tension.
$[Co(NH^3)^6]^2(SO^4)^3$	0,340	—0,003
$[Co(NH^3)^6]^6Cl^3$	0,322	+0,015

Substitutions de l'eau à l'ammoniaque :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co\begin{matrix}H^2O\\(NH^3)^5\end{matrix}\right]Cl^3$	0,404	—0,067
$\left[Co\begin{matrix}(H^2O)^2\\(NH^3)^4\end{matrix}\right]Cl^3$	0,439	—0,102
$\left[Co\begin{matrix}(H^2O)^3\\(NH^3)^3\end{matrix}\right]Cl^3$	0,447	—0,110
$\left[Co\begin{matrix}(H^2O)^4\\(NH^3)^2\end{matrix}\right]Cl^3$	0,481	—0,144

Dans la précédente série, la tension est d'autant plus faible que l'ion complexe renferme plus d'eau. Au contraire, dans la série suivante, la substitution de l'eau à l'ammoniaque relève la valeur de la tension :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co\begin{matrix}Cl^2\\(NH^3)^4\end{matrix}\right]Cl$	0,332	+0,005
$\left[Co\begin{matrix}Cl^2\\H^2O\\(NH^3)^3\end{matrix}\right]Cl$	0,313	+0,024
$\left[Co\begin{matrix}Cl^2\\H^2O\\(NH^3)^3\end{matrix}\right]\left[Co\begin{matrix}(NO^2)^4\\(NH^3)^2\end{matrix}\right]$	0,303	+0,034
$\left[Co\begin{matrix}Cl^2\\(H^2O)^2\\(NH^3)^2\end{matrix}\right]Cl$	0,290	+0,047

L'hydrolyse croît avec le nombre des fonctions roséo; mais ce phénomène n'affecte pas l'atome de cobalt. Bien plus, plus l'ion complexe est

atteint en ce qui concerne l'eau, moins il l'est en ce qui concerne le cobalt. Ainsi les divers constituants peuvent être très inégalement dissimulés dans un même complexe, et la valeur de la tension dépend non seulement de la nature des constituants, mais encore de la structure du complexe.

Substitutions des halogènes à l'eau :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co \begin{smallmatrix} H^2O \\ (NH^3)^5 \end{smallmatrix}\right] I^3$	0,426	—0,089
$\left[Co \begin{smallmatrix} I \\ (NH^3)^5 \end{smallmatrix}\right] I^2$	0,409	—0,072
$\left[Co \begin{smallmatrix} H^2O \\ (NH^3)^5 \end{smallmatrix}\right] Br^3$	0,413	—0,076
$\left[Co \begin{smallmatrix} Br \\ (NH^3)^5 \end{smallmatrix}\right] Br^2$	0,395	—0,058
$\left[Co \begin{smallmatrix} H^2O \\ (NH^3)^5 \end{smallmatrix}\right] Cl^3$	0,404	—0,067
$\left[Co \begin{smallmatrix} Cl \\ (NH^3)^5 \end{smallmatrix}\right] Cl^2$	0,383	—0,046

La substitution d'un halogène à une molécule d'eau relève la valeur de la tension.

Substitutions des halogènes les uns aux autres. — Il résulte encore du Tableau précédent que la tension est d'autant plus élevée que la fonction purpuréo concerne un radical plus négatif.

Substitutions des fonctions nitro aux fonctions chloro :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co \begin{smallmatrix} Cl^2 \\ (NH^3)^4 \end{smallmatrix}\right] Cl$	0,332	+0,005
$\left[Co \begin{smallmatrix} NO^2 \\ Cl \\ (NH^3)^4 \end{smallmatrix}\right] Cl$	0,357	—0,020
$\left[Co \begin{smallmatrix} (NO^2)^2 \\ (NH^3)^4 \end{smallmatrix}\right] Cl$ Crocco	0,368	—0,031
$\left[Co \begin{smallmatrix} (NO^2)^2 \\ (NH^3)^4 \end{smallmatrix}\right] Cl$ Flavo	0,377	—0,040

La substitution de NO^2 à Cl abaisse nettement la tension.

Substitution de la fonction carbonato à la fonction dichloro :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co \begin{smallmatrix} CO^3 \\ (NH^3)^4 \end{smallmatrix}\right] Cl$	0,341	—0,004

On constate également un abaissement.

Substitution de la fonction hydroxy à la fonction chloro :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co \begin{matrix} OH \\ NO^2 \\ (NH^3)^4 \end{matrix}\right] Cl$	0,272	+0,065
$\left[Co \begin{matrix} OH \\ (NH^3)^5 \end{matrix}\right] Cl$	0,288	+0,049

Le relèvement net de la tension doit être rapproché du fait que les complexes cobaltiques ne sont réellement stables qu'en milieu alcalin. Il montre que les phénomènes d'hydrolyse assurent à l'ion complexe un maximum de solidité en solution aqueuse.

Isomérie et polymérie :

	F. E. M.	Tension.
$\left[Co \begin{matrix} (NH^3)^3 \\ (NO^2)^3 \end{matrix}\right]$	0,362	—0,025
$[Co(NH^3)^6][Co(NO^2)^6]$	0,366	—0,029
$\left[Co \begin{matrix} (NO^2)^2 \\ (NH^3)^4 \end{matrix}\right]\left[Co \begin{matrix} (NO^2)^4 \\ (NH^3)^2 \end{matrix}\right]$ Crocco...	0,364	—0,027
Flavo....	0,367	—0,030
$\left[Co \begin{matrix} NO^2 \\ (NH^3)^5 \end{matrix}\right]\left[Co \begin{matrix} (NO^2)^4 \\ (NH^3)^2 \end{matrix}\right]^2$	0,368	—0,031
$\left[Co \begin{matrix} (NO^2)^2 \\ (NH^3)^4 \end{matrix}\right]^3 [Co(NO^2)^6]$ Crocco...	0,376	—0,039
Flavo....	0,378	—0,041
$[Co(NH^3)^6]\left[Co \begin{matrix} (NO^2)^4 \\ (NH^3)^2 \end{matrix}\right]^3$	0,374	—0,037
$\left[Co \begin{matrix} NO^2 \\ (NH^3)^5 \end{matrix}\right]^3 [Co(NO^2)^6]^2$	0,380	—0,043

Ces valeurs décroissent légèrement quand le poids moléculaire augmente; mais elles restent très voisines. On conçoit que ces complexes qui se révèlent d'après ces nombres également robustes n'aient guère de tendance à se transformer les uns dans les autres, comme ce serait le cas dans une chimie de libres équilibres.

Ces divers résultats sont à rapprocher de ceux qui ont été obtenus pour les spectres d'absorption par M. Shibata et l'un de nous (Jugi Shibata et G. Urbain, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 593).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de l'anhydride nitreux à l'état gazeux.* Note de M. **Eugène Wourtzel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours des études sur les oxydes d'azote, dont l'origine est indiquée dans la Note précédente ([1]), j'ai repris la question de l'existence de l'anhydride nitreux à l'état gazeux.

A ce sujet, les données actuelles sont contradictoires. D'une part, d'après les mesures de la densité, faites par MM. Ramsay et Cundall, et par MM. Lunge et Porschnew ([2]), l'anhydride nitreux devrait être entièrement dissocié en bioxyde et en peroxyde d'azote. D'autre part, un mélange gazeux, contenant du peroxyde et du bioxyde en excès, réagit, parfois, comme N^2O^3 : en le dirigeant à travers l'alcali, le bioxyde et le peroxyde s'absorbent en quantités équivalentes, pour former presque exclusivement du nitrite, alors que le bioxyde seul ne réagit pas et que le peroxyde seul donne naissance à des quantités équivalentes de nitrite et de nitrate ([3]).

Dans le but de contrôler les mesures de densité par une voie physicochimique plus précise, j'ai eu recours à la méthode appliquée à l'étude de la dissociation du peroxyde d'azote : j'ai déterminé la contraction qui se produit, lorsqu'on mélange des quantités connues des gaz NO et O^2, mais en prenant en excès, cette fois, le gaz NO.

L'appareil employé peut être utilisé sans aucune modification. Seulement, on renferme l'oxygène dans le récipient à réaction et le bioxyde d'azote dans le volumètre. La pression de l'oxygène P_{O^2} est lue directement; connaissant les pressions du bioxyde d'azote P_{M^1} et P_{M^2} dans le volumètre avant et après la détente, et les données du calibrage, on calcule la pression P_{NO} de ce gaz, introduit dans le récipient à réaction.

La contraction P_C, produite par la réaction, est déterminée par la relation $P_C = P_{NO} + P_{O^2} - P_{M^2}$. D'autre part, si le peroxyde d'azote se produisait seul, la même contraction pourrait être *calculée* à l'aide des relations

$$P'_C = (1 + x) P_{O^2} \qquad \text{et} \qquad K = \frac{4 P_{O^2} (1 - x)^2}{x},$$

([1]) Wourtzel, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1397.

([2]) Ramsay et Cundall, *Chem. Soc.*, t. 57, 1885, p. 591. — Porschnew, *Z. Anorg. Chem.*, t. 7, 1894, p. 294.

([3]) Le Blanc, *Z. El.*, t. 12, 1906, p. 270.

où K est déterminée à l'aide des expériences précédentes, et l'on aurait $P_c = P'_c$.

Provisoirement, deux expériences seulement ont été faites. Leurs résultats sont reproduits dans le Tableau suivant :

$T = 25°,2, \quad K = 110,8.$

Expériences.	P_{O^2}.	P_{NO}.	P_c.	x.	P'_c.	$P_c - P'_c$.
1.......	60,41	224,07	94,85	0,515	91,53	3,32
2.......	60,43	225,97	94,69	0,515	91,56	3,13

La différence $P_c - P'_c$ est environ dix fois supérieure aux erreurs expérimentales possibles, ce qui ne s'explique que par la formation de N^2O^3 parmi les produits de la réaction.

Pour calculer les pressions partielles de tous les corps présents dans le mélange — NO, NO^2, N^2O^4 et N^2O^3, il faut tenir compte de ce que la dissociation du peroxyde d'azote devient un peu plus avancée par le fait qu'une fraction de ce corps se combine avec NO pour former du N^2O^3. On arrive à un système d'équations suivant :

$$P_{N^2O^3} = \frac{P_c - P_{O^2}(1+x)}{1 - \frac{x}{2}},$$

$$K = \frac{(1-x)^2}{x} 4\left(P_{O^2} - \frac{1}{2} P_{N^2O^3}\right),$$

$$P'_{NO} = P_{NO} - 2P_{O^2} - P_{N^2O^3},$$

$$P_{NO^2} = 2(1-x)\left(P_{O^2} - \frac{1}{2} P_{N^2O^3}\right),$$

$$P_{N^2O^4} = x\left(P_{O^2} - \frac{1}{2} P_{N^2O^3}\right).$$

En supposant que l'état d'équilibre du gaz N^2O^3 soit déterminé par les molécules NO et NO^2, non combinées et non associées, on arrive à l'expression

$$K' = \frac{P'_{NO} P_{NO^2}}{P_{N^2O^3}}.$$

Les expériences faites ont donné les résultats suivants :

Expériences.	x.	$P_{N^2O^4}$.	P_{NO^2}.	P'_{NO}.	$P_{N^2O^3}$.	K'.
1.........	0,508	29,40	56,94	98,17	5,08	1100
2.........	0,508	29,47	57,08	100,28	4,77	1190

Sous une pression totale voisine d'un quart d'atmosphère, le mélange à

peu près stœchiométrique de bioxyde et de peroxyde d'azote contient environ 2,5 pour 100 de gaz N^2O^3. La précision de mesures antérieures de densité n'avait pas été suffisante pour le mettre en évidence. D'autre part, la formation du nitrite à partir de NO, NO_2 et de l'alcali s'explique aisément, en admettant que N^2O^3 soit absorbé en premier lieu, et que la quantité absorbée soit aussitôt régénérée par les gaz NO et NO^2.

Ainsi, on arrive à écarter la contradiction des données chimiques et physicochimiques, relatives à l'existence du gaz N^2O^3 (1).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des carbonates de méthyle chlorés.* Note de MM. **André Kling**, **D. Florentin** et **E. Jacob**, présentée par M. A. Haller.

Au cours de l'étude que nous avons poursuivie sur les chloroformiates de méthyle chlorés (2) nous avons constaté que, dans la préparation de ces dérivés, à partir du phosgène et de l'alcool méthylique, il se forme toujours une certaine quantité d'autres produits qui, indépendamment de nous, ont été étudiés par MM. V. Grignard, G. Rivat et Ed. Urbain (3). Ces auteurs ont pu, des queues de distillation de chloroformiates chlorés, extraire, dans un état de pureté satisfaisant, les carbonates de méthyle monochloré, tricholoré 1.1.2 et hexachloré; ils y ont signalé en outre la présence des deux carbonates tétrachlorés. Enfin, par action des chloroformiates sur l'alcool méthylique, ils ont préparé les carbonates di et trichloré dissymétriques, que nous-mêmes avions déjà signalés.

De notre côté, nous avons entrepris, et indépendamment de ces auteurs, l'étude systématique des différents carbonates de méthyles chlorés.

Ces carbonates sont au nombre de 9; trois d'entre eux, le carbonate de méthyle monochloré, ainsi que les carbonates di et trichloré dissymétriques, ont été préparés en faisant agir les chloroformiates de méthyle chlorés correspondants sur l'alcool méthylique froid.

(1) Il est nécessaire d'indiquer que E. et M. Baker ont réussi à obtenir du N^2O^3 gazeux non dissocié en évaporant du N^2O^3 liquide absolument sec (*Chem. Soc.*, t. 91, 1907, p. 1862). Mais ce fait ne suffit pas pour écarter la contradiction signalée, car N^2O^3 ainsi obtenu n'est pas à l'état d'équilibre stable, une trace d'eau suffisant pour provoquer une dissociation, que l'on croyait complète.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1046 et 1166.

(3) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1143.

Les six autres, ainsi d'ailleurs que le carbonate de méthyle monochloré, ont été obtenus en chlorant le carbonate de méthyle ou des carbonates déjà chlorés soumis à une vive lumière (lampe type demi-watt).

Préparation du carbonate de méthyle. — Cet éther, point de départ de nos recherches, a été préparé en faisant agir sur le chloroformiate de méthyle $Cl.CO^2CH^3$ (obtenu lui-même à partir du phosgène) une fois et demie la quantité théorique d'alcool méthylique. La réaction se produit à froid, mais il est commode, pour en activer l'achèvement, de soumettre ensuite le mélange à l'ébullition jusqu'à disparition de l'odeur du chloroformiate. Après quoi, on le rectifie, la fraction 88°-91° est lavée à plusieurs reprises à l'eau, séchée et distillée à nouveau. On obtient ainsi un éther tout à fait pur (P.E : 91°, $D_{15°}$, = 1,081).

Carbonate monochloré. — On l'obtient en rectifiant un carbonate de méthyle chloré jusqu'au moment où il a atteint une densité de 1,230. On en isole aisément une fraction distillant à 139°-140°, qui constitue le carbonate monochloré.

Carbonate dichloré symétrique $CO^3(CH^2Cl)^2$. — Il se prépare de la même façon que le précédent, mais à condition de pousser la chloruration jusqu'au moment où le liquide a atteint une densité de 1,330. Par distillation fractionnée, on en isole une portion 175°-176°, qui est constituée par le dérivé cherché, souillé d'une petite quantité de carbonate trichloré 1.1.2.

Carbonate dichloré dissymétrique. — Il ne semble pas se former en quantité appréciable dans la chloruration du carbonate de méthyle ; néanmoins on le prépare aisément en faisant agir le chloroformiate de méthyle dichloré sur l'alcool méthylique.

Carbonate trichloré 1.1.2. — En vue de sa préparation, on doit pousser la chloruration du carbonate de méthyle jusqu'au point où le liquide atteint une densité de 1,575. Par distillation fractionnée, on sépare une portion passant vers 178° qui constitue le dérivé cherché.

Carbonate trichloré 1.1.1. — Ce produit ne prend naissance qu'en quantité à peine appréciable lors de la chloruration du carbonate de méthyle. Pour l'obtenir il est nécessaire de faire réagir le chloroformiate de méthyle trichloré sur de l'alcool méthylique.

Carbonate tétrachloré symétrique $CO^3(CHCl^2)^2$. — On l'isole dans un état de pureté à peu près satisfaisant en rectifiant les produits de chloruration du carbonate quand ils ont atteint une densité de 1,620. On en isole la portion passant vers 182°-183° sous 760^{mm} ou 105°-106° sous 50^{mm} ; elle représente le dérivé tétrachloré symétrique, mais toujours souillé d'une petite quantité de carbonate trichloré 1.1.2 et de carbone pentachloré.

Carbonate tétrachloré dissymétrique (1.1.1.2). — Il ne peut être isolé des produits de chloruration directe du carbonate. Pour l'obtenir, il faut chlorer le carbonate trichloré 1.1.1 jusqu'au moment où sa densité est devenue 1,580, puis isoler la fraction qui bout vers 110° sous 50mm.

Carbonate pentachloré 1.1.1.2.2. — Il n'existe qu'un carbonate pentachloré. Pour le préparer, nous avons chloré le carbonate trichloré 1.1.1 jusqu'à ce que le liquide refroidi cristallise assez abondamment. Par distillation, on sépare le carbonate hexachloré, puis le liquide filtre est rectifié; on en isole la fraction distillant vers 115° sous 50mm.

Carbonate hexachloré. — Déjà inscrit par Councler et Hentschel, on l'obtient sans difficulté en chlorant à refus le carbonate de méthyle.

Nos recherches montrent qu'au cours de la chloruration du carbonate de méthyle les dérivés qui se forment à peu près exclusivement sont les suivants :

$$CO^3\begin{cases}CH^2Cl\\CH^3\end{cases} \rightarrow CO^3\begin{cases}CH^2Cl\\CH^2Cl\end{cases} \rightarrow CO^3\begin{cases}CHCl^2\\CH^2Cl\end{cases} \rightarrow$$

$$\rightarrow CO^3\begin{cases}CHCl^2\\CHCl^2\end{cases} \rightarrow CO^3\begin{cases}CCl^3\\CHCl^2\end{cases} \rightarrow CO^3\begin{cases}CCl^3\\CCl^3\end{cases}$$

Ce sont donc les dérivés les plus symétriques, qui sont également les plus stables vis-à-vis de la chaleur.

Plusieurs d'entre eux n'avaient pas encore été décrits ou ne l'avaient été qu'incomplètement.

Nous ferons connaître dans une prochaine Note les propriétés physiques et chimiques des dérivés de cette série.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Détermination de l'orientation des rangées et des plans réticulaires d'un cristal.* Note (¹) de M. F. **Canac**, présentée par M. Wallerant.

On sait que les rayons X diffractés par les cristaux donnent sur un écran une série de taches, qu'on peut interpréter suivant la théorie de Bragg comme dues à la réflexion du faisceau incident sur les plans réticulaires.

Nous avons montré dans une précédente Note (²) comment, en étudiant la répartition de ces taches, on pourrait calculer les paramètres du cristal.

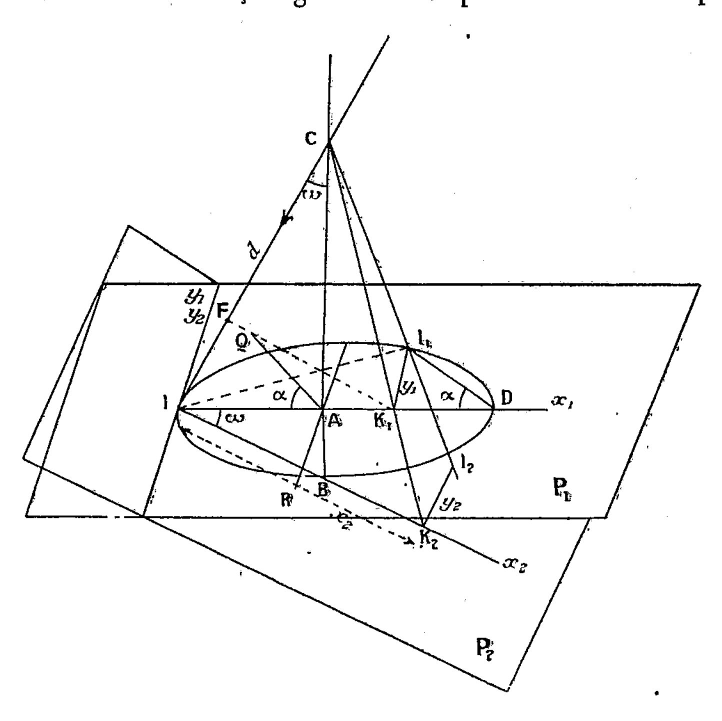
(¹) Séance du 29 décembre 1919.

(²) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 405, et *Radium*, juin 1919.

Nous nous proposons ici d'indiquer un moyen très simple de voir immédiatement le plan réfléchissant relatif à une tache donnée. Cette méthode, dont nous nous servions déjà en 1913, peut rendre de grands services pour l'étude systématique des plans réticulaires.

La méthode consiste à envoyer sur un cristal un faisceau de « lumière blanche » de rayons X faisant un angle de quelques degrés avec la rangée à étudier. Les plans réticulaires passant par cette rangée donnent des rayons réfléchis dont la répartition la caractérise.

A. Considérons d'une façon générale les plans réticulaires parallèles à



une même rangée, c'est-à-dire formant une « zone » dont la rangée est l'« axe ». Les rayons réfléchis par ces plans seront les symétriques du prolongement du rayon incident par rapport à tous ces plans. Ils seront donc situés sur un cône de révolution ayant pour axe l'axe de la zone et pour génératrice le rayon incident. Si l'on reçoit les rayons réfléchis par le cristal C (voir figure) sur un écran phosphorescent ou sur une plaque photographique P_1 perpendiculaire à l'axe de la zone, chaque rayon donnera une tache située sur le cercle, section du cône par le plan de l'écran ou de la plaque.

La rangée considérée servant d'axe de zone sera la droite joignant le cristal au centre du cercle.

Soient CA l'axe et I la trace du faisceau incident. Soit AQ la trace d'un plan réticulaire passant par l'axe. Le rayon réfléchi par ce plan sera CI_1 (I_1 symétrique de I par rapport à AQ).

Inversement, étant donnée une tache I_1, pour avoir la trace du plan correspondant, on abaissera du centre A la perpendiculaire AQ sur II_1. Il est commode de faire tourner le cristal autour de CA de façon à amener un plan réticulaire AR à être perpendiculaire à IA, d'où la tache D diamétralement opposée à I. L'angle α du plan réticulaire AQ avec le plan de référence CAI (passant par le faisceau incident et l'axe de la zone) se retrouve en I_1 DI que l'on a directement sur la plaque ou l'écran.

De plus, les plans réfléchissants étant peu inclinés sur le faisceau primaire ne reçoivent en profondeur qu'une partie de ce faisceau. Ils le reçoivent au contraire tout entier en largeur, de sorte que la tache observée s'allonge parallèlement à la trace du plan sur l'écran. Toutes les taches sur le cercle ont donc une forme d'ellipse dont le grand axe passe par D. Celui-ci donne donc encore la direction de la trace du plan réfléchissant correspondant. Ce plan est ainsi déterminé : 1° par sa trace; 2° par l'axe de la zone qui joint le cristal au centre du cercle.

B. Si nous faisons tourner maintenant le cristal autour d'une droite perpendiculaire au plan de référence déterminé par l'axe de la zone et le rayon incident, le cercle se déformera d'une façon continue et disparaîtra quand l'axe de la zone sera parallèle au faisceau incident. L'écran étant alors placé perpendiculairement à cette direction en P_2, à une distance d du cristal, la normale à la trajectoire de la tache, au point d'impact I du faisceau incident, est la trace sur l'écran du plan réticulaire relatif à cette tache. En effet, soit I_2 la trace sur le plan P_2 des rayons réfléchis par le plan réticulaire CAQ. Pour définir les taches I_1 et I_2 dans les deux plans P_1 et P_2, prenons les axes de coordonnées suivants : pour axe des X l'intersection du plan de référence ICA avec P_1 et P_2, et pour axe des Y l'intersection de P_1 avec P_2. La figure montre les relations évidentes :

$$x_1 = y_1 \operatorname{tang}\alpha; \qquad x_1(2d\sin\omega - x_1) = y_1^2; \qquad \frac{y_2}{y_1} = \frac{d}{d - x_1\sin\omega} = \frac{x_2}{x_1\cos\omega}.$$

En éliminant x_1, y_1 et ω, on trouve pour le lieu de la tache $I_2(x_2, y_2)$ la *lemniscate*

$$[\cos 2\alpha\, y^2 + 2\sin^2\alpha\, x^2]^2 - 4d^2\cos^2\alpha\,[y^2\sin^2\alpha - x^2\cos^2\alpha] = 0.$$

A l'origine, qui est un point d'inflexion, la tangente à la trajectoire de la tache fait avec l'axe des X l'angle $\alpha + \frac{\pi}{2}$. Elle est donc perpendiculaire à la trace du plan réfléchissant. Ce plan est ainsi déterminé facilement: 1° par sa trace que l'on peut voir en direction sur l'écran; 2° par la direction du faisceau incident.

GÉOLOGIE. — *Sur le Carbonifère inférieur et moyen en Portugal.* Note de M. **Pereira de Souza**.

La carte géologique du Portugal (1899) montre au sud du Tage un grand affleurement attribué au Carbonifère inférieur ou Culm, qui se prolonge vers l'Espagne. Les fossiles sont rares et en mauvais état; aussi jusqu'à présent son âge géologique n'était-il pas déterminé avec précision.

Il y a quelques années, le service géologique du Portugal a envoyé à M. P. Pruvost quelques fossiles recueillis en 1876 dans les travaux dirigés par Charles Ribeiro et Nery Delgado, lors du levé de la carte géologique.

M. P. Pruvost a pu identifier quelques-uns d'entre eux et montrer qu'ils indiquent l'existence du Dinantien et du Moscovien. Il lui a paru possible d'établir dans ces terrains quatre divisions au moins dont deux appartiennent au Carbonifère inférieur : *Tournaisien*, zone à *Prolecanites algarbiensis*, Pruvost, n. sp., *Viséen*, zone à *Gon. striatus;* et les deux autres au Carbonifère moyen : zone à *Glyph. Beyrichianum*, et zone à *Gast. carbonarium* (¹).

Les indications du gisement de ces fossiles étaient insuffisantes; mais après quelques recherches sur le terrain, il a été possible de retrouver les couches où ils se trouvent, puis, depuis lors, d'autres gisements ont été découverts qui, eux, sont très fossilifères.

Je procède maintenant au tracé des limites du Dinantien et du Moscovien. Voici un aperçu des résultats obtenus dans la région de Carrapateira, Bordeira, Aljezur :

A. Dinantien. — I. *Tournaisien :* 1° Schistes avec nodules à *Prolec. algarbiensis*, *Pericyclus princeps* et d'autres espèces nouvelles de *Pericy-*

(¹) *Comunicações du Serv. géol. du Portugal*, t. 10, 1914.

clus (¹); 2° calcaires dolomitiques, presque noirs, à *Caninia cornucopiæ*, *Crinoides* et *Orthoceras* (plusieurs espèces nouvelles dont une remarquable par ses côtes saillantes, séparées par des intervalles plus larges qu'elles-mêmes, et une autre qui présente des côtes fortes, alternativement saillantes et atténuées).

II. *Viséen :* 1° Calcaires dolomitiques, semblables aux précédents, mais généralement en couches plus épaisses, grauwackes rouge violet, et phyllades à *Crinoides*, *Posidonomya-Becheri*, *Dielasma attenuatum*, *Terebratula* sp., *Spirifer* sp., *Gon. striatus*, *G. sphœricus*, *G. crenistria*, *Gon.* n. sp. remarquable par ses grandes dimensions, et *Phillipsia* sp.; 2° schistes fins (1^m d'épaisseur), à *Gon. subcirculaires*, Miller, plusieurs variétés.

B. Moscovien. — 1° *Grauwackes* en couches épaisses et phyllades à *Pterinopecten papyraceus*, quelquefois très abondants, *Dielasma* sp., *Sperifer* n. sp., remarquable par ses côtes très saillantes, son bord régulièrement arrondi et son aréa profondément incurvée, *Pleurotomaria* sp., *Helminthochiton* sp., *Thrincoceras* n. sp., caractérisé par ses stries très fines, *Dimorphoceras* sp., *Glyphioceras Beyrichianum*, *Glyph. reticulatum* et plusieurs n. sp., *Paralegoceras*, plusieurs espèces nouvelles, *Gastrioceras Listeri*, *Gast. carbonarium*, plusieurs espèces nouvelles étant remarquables entre elles, une espèce nouvelle, caractérisée par son ombilic large et profond, par ses tours très épais, à accroissement lent, à section trapézoïdale, à surface externe ornée d'une ligne de très forts tubercules arrondis, situés sur une arête saillante et presque sur le dos; 2° schistes quartzeux ou fins (phyllades), quelquefois marneux et très friables, à très rares fossiles : restes de végétaux et goniatites très petits, indéterminables, *Orthothetes crinistria*, plusieurs variétés, *Avicula* sp.

Tandis que le Dinantien paraît posséder à peine quelques dizaines de mètres de puissance, le Moscovien a des centaines de mètres d'épaisseur.

Il n'y a pas de démarcation bien nette entre la partie supérieure du Tournaisien et la partie inférieure du Viséen. Toutefois, la grande quantité de Cyatophillides et de Crinoïdes qui existent dans la première partie, comme dans le Waulsortien, facies coralligène du Tournaisien, en Belgique

(¹) Celles-ci sont remarquables par leurs grandes dimensions, leur grand ombilic, leurs côtes très fortes et, suivant les espèces, tantôt radiantes et inégalement saillantes, tantôt infléchies en avant, tantôt infléchies en arrière, falciformes et terminées par un tubercule sur la région siphonale.

et dans le nord de la France, m'ont conduit à l'attribuer à ce sous-étage. A la partie inférieure du Viséen existent aussi beaucoup de tiges de Crinoïdes, qui semblent appartenir au genre *Poteriocrinus* ou à un genre voisin, mais on y rencontre déjà les Goniatites caractéristiques de ce terrain.

En résumé, on voit qu'en Portugal, le Carbonifère inférieur et moyen ressemble par quelques-uns de ses fossiles à celui de la Grande-Bretagne, de la Belgique et du nord de la France; toutefois le Carbonifère moyen est complètement marin et ne renferme pas de charbon. Le Moscovien commence, comme le Westphalien en Belgique, par des schistes très fins à *Glyph. Beyrichianum*, etc., mais à la place des lits de charbon, qui les surmontent, on trouve des couches épaisses de grauwackes, avec intercalations de phyllades à *Gast. Listeri*, *Gast. carbonarium*, etc. Puis apparaît une grande épaisseur de schistes très pauvres en fossiles : *Orthothetes crinistria*, etc.

Les *Gast. Listeri* et *G. carbonarium*, au lieu d'être comme d'habitude localisés dans les couches supérieures du Moscovien, apparaîtraient, en Portugal, dès les couches de la base de cet étage. Le sommet de la formation dont je m'occupe ne saurait être attribué au Carbonifère supérieur, car le Stéphanien se présente sous son facies continental, avec du charbon, à peu près de 30^{km} au nord-est de Grandola, Moinho d'Ordem (Alemtejo), ainsi qu'au nord du Portugal, São Pedro da Cova.

On peut maintenant affirmer que les montagnes de schistes qui entourent le célèbre massif de syénite néphélinique (foyaite), de la « Serra de Monchique » et qui sont en grande partie métamorphisées appartiennent au Moscovien, sauf à l'ouest de Marmelete, ainsi que la plus grande partie de l'affleurement attribué au Culm par la carte géologique du Portugal. Cette désignation du Culm doit même disparaître, car les seuls affleurements à rapporter au Carbonifère inférieur se présentent avec un facies marin. La grande intrusion de syénite néphélinique doit être au moins postmoscovienne. Toutefois le massif n'a pas été l'œuvre d'une seule mise en place, d'autres lui ont succédé, car on voit des filons de roches basiques traverser le massif, les schistes carbonifères et même pénétrer dans les affleurements mésozoïques; ils métamorphisent les grès triasiques et le Hettangien (Carapateira) (¹).

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1918, p. 674.

GÉOLOGIE. — *Au sujet des nappes de charriage du* Djurdjura *et des* Biban (*Algérie*). Note (¹) de M. **J. Savornin**, transmise par M. Ch. Depéret.

Dans une Communication récente (²), M. L. Joleaud, considérant comme démontrée l'existence de *deux nappes continues* dans toute l'Algérie du Nord, ajoute :

« La première fait partie du même système que la nappe littorale oranaise, à laquelle elle se relie par les nappes des Babors, *du Djurdjura*, du Chenoua, de Tenès. La seconde *se continue dans les Biban*, l'Atlas de Blida, les Zaccars, l'Ouarsenis et, en Oranie, dans la région de Tilouanet. »

M. Joleaud n'a étudié sur place ni le Djurdjura, ni les Biban. En ce qui me concerne, depuis 19 ans, j'y ai fait de nombreux séjours, pour des levés géologiques détaillés et des observations minutieuses, relatives à des recherches minières ou hydrologiques. J'ai publié, du reste, de courtes Notes où il est question de ces montagnes : soit ici même, soit aux Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences.

1° *Djurdjura*. — Comme on peut le voir au seul examen des cartes géologiques au $\frac{1}{50000}$ (feuilles : Bouïra et Tazmalt), le Djurdjura est un massif complexe directement adossé au Paléozoïque et à l'Archéen de la Grande Kabylie.

Les grandes masses de calcaires liasiques y sont séparées de ce substratum (cristallin ou non) par un Permien, ou un Permo-Trias, détritique à éléments locaux (comme le sont aussi ceux des poudingues carbonifériens). L'Infralias est, peut-être, accessoirement représenté. S'il est absent, le fait d'une transgression médioliasique n'a rien que de très normal. La stratigraphie de la haute chaîne se complète par des roches nummulitiques, soudées au Lias par des conglomérats à éléments franchement locaux. Au revers sud, enfin, se présentent des terrains plus récents : Medjanien et Aquitanien, entièrement détritiques et dans lesquels il est facile de reconnaître des roches arrachées, sur place, au Lias et au Nummulitique.

(¹) Séance du 29 décembre 1919.

(²) *Sur la tectonique des environs de Tilouanet* (*Oran*) (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 729).

Malgré les importantes lacunes sédimentaires qui séparent ces diverses formations, elles sont donc toutes intimement liées, de par leur origine même, et il n'en est point d'exotiques relativement aux autres.

Au point de vue tectonique, le Djurdjura calcaire est constitué par un faisceau de plis plus ou moins serrés (plus nombreux qu'il n'apparaît sur les cartes), généralement déversés au Sud et dans lesquels les anticlinaux ont toujours leurs noyaux formés par les poudingues et grès permiens, parfois même par des schistes houillers, avec houille authentique.

On peut donc hautement affirmer que le Djurdjura ne constitue point une nappe et n'appartient pas à une nappe. Ce serait, au contraire, un admirable *pays de racines,* s'il s'en était détaché des lambeaux de recouvrement dont il n'existe aucun exemple ([1]). Il est tout au plus chevauchant (faiblement et localement) sur le pays du Sud : Medjanien et Aquitanien qu'on ne peut considérer comme substratum de nappe, si ce n'est par un inadmissible abus de langage.

2° *Biban.* — J'ai appelé l'attention sur l'admirable continuité de l'histoire orogénique de la chaîne des Biban ([2]), qui se manifeste clairement depuis la fin des temps secondaires. Si jamais chaîne fut fortement enracinée, c'est bien celle-là! C'est ce que je démontre encore par une abondante moisson de faits qui feront l'objet d'un volume actuellement à l'impression. M. Joleaud n'a pu invoquer ([3]), pour considérer la chaîne des Biban comme appartenant à une nappe, que la soi-disant présence « d'un îlot de Lias anormalement superposé à l'Eocrétacé dans le Guergour ». Or, il n'en est rien. Il lui eût été facile de s'en convaincre, ou à M. Gentil son collaborateur. Le prétendu Lias superposé à l'Eocrétacé n'est que du Cénomanien calcaire, localement dolomitisé, et qui est bien à sa place entre des marnes noires à *Mortoniceras inflatum* et des calcaires à *Caprina* sp.

Et puisque l'on prétend se baser aussi sur mes propres tracés de la feuille

([1]) Le petit affleurement de Lias qui supporte le village de Selloum (feuille Tazmalt) est figuré sur la carte géologique en situation apparemment anormale; mais c'est le résultat d'une erreur de lithographe. Il suffit d'examiner la topographie pour comprendre qu'il se présente, à la faveur de l'érosion, dans un bas-fond. M. Ficheur, qui seul l'a vu, est parfaitement certain que le Medjanien s'y superpose très normalement.

([2]) *La chaîne des Biban, pour le géographe et le géologue* (*A. F. A. S.*, Cherbourg, 1905).

([3]) L. Gentil et L. Joleaud, *Les nappes de charriage de l'Afrique du Nord* (*Revue générale des Sciences pures et appliquées,* 15 octobre 1918).

« Mansourah » (¹), où j'ai figuré des superpositions anormales sur le Miocène, qu'il me suffise de remarquer que le *substratum* — qui se voit sur d'immenses espaces en dehors du dôme qualifié de « fenêtre de Batite » — participe lui-même à la soi-disant *nappe*. Il ne s'agit donc bien que d'un chevauchement, au bord d'un bassin néogène, comme j'ai pris soin de l'expliquer depuis longtemps (¹).

En résumé, l'hypothèse de charriages dans le Djurdjura et les Biban n'est étayée par aucun argument de fait ou d'interprétation et doit être irrémédiablement abandonnée.

Elle est au moins aussi fragile en ce qui concerne les Babors, le Chenoua et Tenès, que MM. Gentil et Joleaud n'ont jamais étudiés : le fait que d'autres géologues y aient signalé des affleurements liasiques n'est évidemment pas un commencement de preuve.

Enfin, la notion, que l'on essaie d'introduire, d'une continuité entre les Biban, l'Atlas de Blida, les Zaccars et l'Ouarsenis, méconnaît si ouvertement les plus claires données de la géographie et de la tectonique qu'elle se détruit d'elle-même, sans qu'il soit besoin de le démontrer.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène phosphaté et les couches à Turritelles du Tadla (Maroc occidental).* Note (²) de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

Les couches phosphatées de l'Éocène inférieur étudiées par M. Brives vers El Boroudj, et dont j'ai donné une étude vers l'Oued Zem (³), se terminent en falaise au Sud-Est, dominant une vaste zone déprimée, la *cuvette de Boujad*, dont le fond est constitué par les terrains crétacés.

Au delà de cette dépression, vers le Sud et le Sud-Est, les couches Éocènes reparaissent, inclinées cette fois vers le Sud-Est, alors qu'à l'Oued Zem elles ont un pendage inverse vers le Nord-Ouest.

La cuvette de Boujad forme donc un anticlinal à très grand rayon de courbure, dont la voûte a été érodée, les retombées seules au Nord et au Sud étant conservées.

Dans la partie méridionale qui nous intéresse aujourd'hui, la série des assises est la suivante de haut en bas :

(¹) *Remarques sur une importante ligne architectonique au sud du Tell algéro-constantinois* (*A. F. A. S.*, Nîmes, 1912).
(²) Séance du 29 décembre 1919.
(³) *Comptes rendus*, t. 169, p. 190.

Alluvions quaternaires.

Couches rouges avec conglomérats, d'âge inconnu (? oligo-miocène).

Calcaires à *Turritella Blanckenhorni*, *T. Russoi*, *etc.* (Lutécien ou Yprésien).

Calcaire gris et sables phosphatés, à silex et dents de Poissons (Éocène inférieur).

Calcaires tendres dorés (Sénonien).

Couches marneuses dorées (Turonien).

Calcaires durs à *Exogyra Delettrei* et *Plicatula Auressensis* (Cénomanien).

On peut suivre cette succession d'une manière très nette de l'Oued Takhasrit jusqu'à Kasba Tadla. Je n'insisterai, dans cette Note, que sur l'Éocène. Celui-ci débute peu après l'Oued Srirou par un banc de *grès siliceux blanc* très fin, auquel succède un banc de silex compact, qui supporte sur 5 kilomètres la route de Boujad à Kasba Tadla avec une légère pente régulière vers le Sud-Est. Au-dessus vient, après la dépression nommée Scheb el Guemah, une série alternante de *sables phosphatés*, de *silex* et de *calcaires à dents de Poissons*. A partir de ce point, et jusqu'au ravin de Kaïkat, l'horizon phosphaté supporte des *calcaires à Turritelles*, recouverts eux-mêmes par les cailloutis de la plus élevée des terrasses alluviales de l'Oum R'bia. Les couches à phosphates reparaissent au fond du ravin de Kaïkat, recouvertes par les couches à Turritelles qui disparaissent définitivement sous les couches rouges et les conglomérats de Kasba Tadla.

L'extension des couches à Turritelles est limitée vers l'Est à Sidi ben Mohend, point à partir duquel l'érosion les a fait disparaître. A l'Ouest, elles se perdent sous les dépôts récents et ne reparaissent que dans les régions d'El Boroudj et de Dar Chafaï.

Les couches phosphatées sont très épaisses (60^{m} environ) au delà de Sidi ben Mohend vers l'Est. On les trouve disposées en une longue bande de 5^{km} à 6^{km} de large, orientée presque EO, depuis la forêt de Bou Zemmourt à l'Est, jusqu'au delà de Sidi Mohamed Nefati à l'Ouest, se raccordant avec les affleurements de l'Oued Zem.

Paléontologie (¹). — 1° Les couches phosphatées à silex se montrent fossilifères dans tous les ravins de la région, riches surtout en vertèbres

(¹) Les déterminations ont été faites par MM. Ch. Depéret et Dareste de la Chavanne.

plus qu'en dents de Squales. On y recueille les espèces suivantes : *Odontaspis cuspidata* Ag. var. *Hopei* Ag., *Otodus obliquus* Ag., *Myliobatis* sp.

2° Les couches à Turritelles superposées à l'horizon phosphaté contiennent de nombreux moules et contre-empreintes de Bivalves et de Gastropodes souvent peu déterminables. On a pu y reconnaître cependant les formes suivantes :

1. *Turritella Blanckenhorni* (*Mesalia Blanckenhorni* Oppenh.). Grande espèce de l'étage du Mokkatam d'Égypte, qui n'est pas une *Mesalia*, mais une véritable *Turritella*.

2. *Turritella Russoi* n. sp. Forme très longue et très grêle, à sutures très obliques, à tours légèrement convexes, sans ornements visibles. Ne rappelle que d'assez loin les espèces du groupe de *T. edita* des sables de Cuise.

3. *Mesalia cf. Wateleti* Deshayes. Espèce à dernier tour relativement peu renflé, à stries spirales très fines, visibles seulement à la loupe. Le *M. Wateleti* est une espèce des sables de Cuise.

MÉTÉOROLOGIE. — *Diminution de la transparence de l'air à Paris.* Note (¹) de M. **Louis Besson**, présentée par M. G. Bigourdan.

Du sommet de la Tour Saint-Jacques, au centre de la ville, on note plusieurs fois par jour la distance limite de visibilité, aux quatre points cardinaux. Ces observations, que l'abondance des repères rend faciles et exactes, ont été instituées en 1895 par J. Jaubert, et poursuivies jusqu'à l'heure actuelle, c'est-à-dire pendant vingt-cinq ans, dans des conditions identiques (²). Elles se prêtent à plus d'une recherche intéressante. Dans la présente Note, nous nous proposons seulement de signaler un fait important pour l'hygiène publique, qu'elles mettent en évidence de la façon la plus nette.

Pour chacune des observations faites à 9^h, midi et 15^h, nous avons pris la moyenne des visibilités relatives aux quatre points cardinaux. Nous distinguons trois degrés de transparence, suivant que la visibilité était : 1° supérieure à 6^{km} (atmosphère claire); 2° comprise entre 6^{km} et 1500^m (atmosphère brumeuse); 3° inférieure à 1500^m (brouillard selon la définition de Renou).

Les Tableaux ci-après indiquent, pour chaque année divisée en deux saisons et pour chaque heure d'observation, combien de fois chacun de ces

(¹) Séance du 29 décembre 1919.

(²) Quelques lacunes, surtout pour 15 heures en 1918, ont été aisément comblées à l'aide des observations faites en d'autres points de Paris.

degrés de transparence a été observé. Les nombres en caractères gras représentent en « pour 1000 » les moyennes quinquennaires.

A l'inspection de ces Tableaux, on voit immédiatement que :

1° Le trouble de l'air, naturellement variable avec les conditions météorologiques, a, d'une façon générale, augmenté lentement pendant les vingt premières années.

2° Il a présenté une énorme augmentation pendant la guerre.

Transparence de l'atmosphère à Paris
(avril à septembre).

	9h.			12h.			15h.		
	Atmosphère		Brouillard.	Atmosphère		Brouillard.	Atmosphère		Brouillard.
	claire.	brumeuse.		claire.	brumeuse.		claire.	brumeuse.	
1895......	146	33	4	171	12	»	175	7	1
1896......	116	63	4	170	12	1	169	14	»
1897......	121	55	7	158	25	»	157	26	»
1898......	118	63	2	170	13	»	171	12	»
1899......	130	51	2	176	7	»	177	6	»
	690	**289**	**21**	**924**	**75**	**1**	**928**	**71**	**1**
1900......	123	51	9	172	11	»	171	12	»
1901......	123	58	2	166	17	»	179	4	»
1902......	129	48	6	169	13	1	169	14	»
1903......	141	40	2	171	12	»	175	8	»
1904......	131	50	2	172	10	1	176	7	»
	707	**270**	**23**	**929**	**69**	**2**	**951**	**49**	**0**
1905......	112	67	4	163	18	2	167	16	»
1906......	98	80	5	158	25	»	170	13	»
1907......	119	59	5	164	19	»	170	13	»
1908......	109	71	3	167	16	»	175	8	»
1909......	118	59	6	169	13	1	175	8	»
	608	**367**	**25**	**897**	**100**	**3**	**937**	**63**	**0**
1910......	112	68	3	153	27	3	171	11	1
1911......	105	70	8	169	14	»	173	10	»
1912......	135	45	3	165	17	1	172	11	»
1913......	110	67	6	159	24	»	169	14	»
1914......	118	64	1	163	20	»	171	12	»
	634	**343**	**23**	**884**	**112**	**4**	**936**	**63**	**1**
1915......	95	80	8	164	18	1	164	19	»
1916......	93	76	14	130	49	4	135	45	3
1917......	105	67	11	141	40	2	161	21	1
1918......	73	89	21	132	47	4	131	46	6
1919......	89	86	8	150	32	1	162	21	»
	497	**435**	**68**	**784**	**203**	**13**	**823**	**166**	**11**

Transparence de l'atmosphère à Paris
(octobre à mars).

	9h.			12h.			15h.		
	Atmosphère		Brouillard.	Atmosphère		Brouillard.	Atmosphère		Brouillard.
	claire.	brumeuse.		claire.	brumeuse.		claire.	brumeuse.	
1895-96....	52	91	40	104	57	22	124	48	11
1896-97....	43	93	46	70	95	17	91	76	15
1897-98....	31	103	48	93	68	21	95	70	17
1898-99....	39	93	50	96	76	10	114	65	3
1899-1900..	37	93	52	96	64	22	96	75	11
	222	**519**	**259**	**504**	**395**	**101**	**571**	**367**	**62**
1900-1.....	43	99	40	93	79	10	95	79	8
1901-2.....	43	83	56	94	68	20	106	61	15
1902-3.....	53	84	45	98	71	13	117	58	7
1903-4.....	47	88	48	86	75	22	107	63	13
1904-5.....	43	84	55	89	69	24	104	63	15
	251	**481**	**268**	**505**	**397**	**98**	**581**	**355**	**64**
1905-6.....	41	105	36	88	80	14	108	63	11
1906-7.....	35	93	54	84	79	19	94	77	11
1907-8.....	39	82	62	78	81	24	96	72	15
1908-9.....	14	109	59	56	95	31	82	77	23
1909-10....	41	98	43	95	73	14	106	65	11
	187	**534**	**279**	**440**	**448**	**112**	**534**	**388**	**78**
1910-11....	25	96	61	79	80	23	89	81	12
1911-12....	52	80	51	95	64	24	110	56	17
1912-13....	36	91	55	82	79	21	103	69	10
1913-14....	43	87	52	79	80	23	92	83	7
1914-15....	28	104	50	69	100	13	94	83	5
	202	**503**	**295**	**444**	**442**	**114**	**536**	**408**	**56**
1915-16....	7	80	96	21	101	61	28	114	41
1916-17....	26	67	89	24	96	62	50	86	46
1917-18....	10	61	111	27	91	64	29	107	46
1918-19....	4	69	109	18	95	69	40	95	47
	64	**380**	**556**	**124**	**525**	**351**	**202**	**551**	**247**

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'inversion du sucre de canne pendant la conservation des oranges*. Note de M. G. André, présentée par M. L. Maquenne.

Dans un travail assez récent, Bigelow et Gore (¹) ont montré que, pendant la conservation des oranges, le sucre interverti augmente de façon notable. D'après Scurti et de Plato (²), les matières sucrées que contient la pulpe de ces fruits sont constituées par un mélange de sucre de canne, de glucose et de lévulose : ces deux dernières substances subissent un accroissement régulier pendant la maturation. Berthelot et Buignet (³) avaient remarqué autrefois — en opérant sur un certain nombre d'oranges *vertes* susceptibles de mûrir spontanément — que la quantité de sucre interverti change peu, et que le poids du sucre de canne augmente relativement au poids de l'orange. L'acide citrique ne semblerait donc pas agir pour intervertir le saccharose, à l'accroissement duquel il ne s'opposerait pas.

Le présent travail a été entrepris dans le but d'étudier les modifications qu'éprouvent les matières sucrées pendant la conservation des oranges en milieu aseptique. Je m'occuperai d'abord des phénomènes qui se passent en présence d'un antiseptique, tel que le toluène.

I. Aux époques indiquées ci-dessous, une orange, réputée mûre, a été, après décortication, partagée en deux parties à peu près égales en séparant, sans les endommager, les quartiers dont elle est composée. L'une de ces parties est broyée immédiatement avec de l'eau, et le liquide est analysé 1° au point de vue de son acidité, calculée en acide citrique (puisque c'est cet acide qui domine dans la composition du suc, l'acide malique n'y figurant que pour une faible dose); 2° au point de vue de sa teneur en sucres réducteurs (calculés en glucose) et non réducteurs (calculés en saccharose). La seconde partie de l'orange a été conservée à la température ordinaire dans un grand flacon, à l'intérieur duquel on avait disposé un petit vase contenant quelques gouttes de toluène afin de prévenir le développement des moisissures. Au bout de quatre mois, on a procédé aux mêmes dosages

(¹) *Journ. Amer. Chem. Soc.*, t. 29, 1907, p. 767.
(²) *Staz. sperim. agr. ital.*, t. 41, 1908, p. 435.
(³) *Comptes rendus*, t. 51, 1860, p. 1094.

que ci-dessus. Le poids de la matière fraîche employée dans chaque essai a varié de 50^g à 60^g. Les résultats sont rapportés à 100^g de matière fraîche, contenant, en moyenne, 89 pour 100 d'eau (A = état initial, B = état final).

		Dates.	Acidité en acide citrique.	Sucres réducteurs.	Sucre de canne.	Sucre de canne disparu p. 100 du sucre de canne initial.	$\frac{\text{Sucre de canne}}{\text{Sucres réducteurs}}$.
I.	A.	6 décembre 1915...	1^g,487	3^g,742	3^g,160	19,65	0,84
	B.	6 avril 1916.......	1,449	4,336	2,539		0,58
II.	A.	3 janvier 1916.....	1,145	4,025	3,821	34,78	0,95
	B.	3 mai 1916........	1,053	4,943	2,492		0,50
III.	A.	8 février 1916.....	1,021	3,823	3,738	34,32	0,97
	B.	8 juin 1916........	1,056	5,344	2,459		0,46
IV.	A.	11 décembre 1915...	2,332	3,864	2,741	11,65	0,71
	B.	12 avril 1916.......	2,225	4,019	2,421		0,60
V.	A.	18 mai 1916........	0,795	4,829	4,724	57,33	0,97
	B.	27 janvier 1917.....	0,794	3,139	2,015		0,24

Il résulte de ces analyses que, au bout de 4 mois dans les quatre premiers essais et de 9 mois dans le cinquième, la teneur des oranges en acide citrique n'a pas varié de façon sensible et que les sucres non réducteurs ont été transformés dans des proportions variables suivant chaque cas, mais toujours de manière très appréciable, en sucres réducteurs. Cette inversion est particulièrement remarquable dans le cinquième essai, chez lequel l'expérience a été prolongée pendant 264 jours : c'est ce dont on se rend bien compte d'ailleurs à la seule inspection du rapport $\frac{\text{sucre de canne}}{\text{sucres réducteurs}}$. Si l'on admet les conclusions du travail de Martinand [1], tendant à démontrer l'absence de la sucrase dans le suc d'oranges, on voit que l'inversion du saccharose ne peut être attribuée ici qu'à la présence de l'acide citrique. Le degré d'acidité originelle était très différent d'une orange à l'autre sans qu'il y ait eu, en raison de ce fait, augmentation de la quantité de sucres réducteurs lorsque cette acidité était plus grande. Tantôt l'acidité est plus faible à l'état initial qu'à l'état final, tantôt l'inverse se produit : comme si l'homogénéité du fruit n'était pas parfaite. La quantité de sucre de canne interverti dans un temps donné n'augmente donc pas avec la teneur en acide citrique des fruits.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 144, 1907, p. 1376.

II. Il était donc utile de déterminer avec quelle vitesse le sucre de canne est susceptible de s'hydrolyser *in vitro* au contact de l'acide citrique, à la température ordinaire, et dans des conditions de concentration voisine de celle du suc d'oranges. A cet effet, on a institué les deux essais suivants menés parallèlement : 1° solution renfermant dans 100^{cm^3} de liquide $1^g,417$ d'acide citrique et $4^g,8$ de sucre de canne, en présence de quelques gouttes de toluène ; à cette solution on a ajouté $5^g,2$ de glucose afin de lui donner la composition approximative d'un suc d'oranges naturel; 2° la seconde solution était 5 fois plus étendue. Le Tableau suivant indique la proportion du sucre de canne qui a disparu, pour 100 du sucre initial.

	Sucre de canne disparu pour 100 du sucre initial.	
Au bout de :	1re solution.	2e solution.
7 jours	12,91	13,51
14 »	29,75	14,57
21 »	50,54	34,89
35 »	52,50	37,39
42 »	70,33	43,14
49 jours	76,25	47,65
56 »	80,41	57,81
78 »	94,08	61,36
84 »	»	67,01

On remarquera que la vitesse d'inversion a été beaucoup plus lente chez le suc d'oranges renfermé dans le fruit que dans l'expérience *in vitro*, puisqu'au bout de 78 jours elle atteignait, dans ce dernier cas, les $\frac{19}{20}$ environ du sucre de canne initial dans la première solution, la plus concentrée, et 61,36 pour 100 dans la solution étendue. Il ne semble donc pas, ainsi qu'il a été dit plus haut, que la richesse du fruit en acide citrique ait une influence sur la vitesse de l'inversion du sucre de canne. Tel est, en particulier, le cas du quatrième essai dans lequel l'acidité était le double environ de celle que l'on avait constatée dans les trois premiers essais.

Il paraît résulter de ces expériences que, dans les tissus de l'orange, le mélange des matières sucrées et de l'acide citrique n'est pas homogène comme il l'est dans les essais *in vitro*, mais que ces deux matières sont localisées dans des sacs différents au travers desquels les échanges de liquide se produisent avec une grande lenteur.

CHIMIE AGRICOLE. — *Balance de l'azote pendant la fabrication du sucre. Précipitation des matières albuminoïdes de la betterave par l'acide sulfureux, les bisulfites et les hydrosulfites.* Note de M. **Émile Saillard**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans une Communication précédente [1], j'ai indiqué la voie que suivent, dans la fabrication du sucre, la matière sèche et quelques-uns des principes apportés par la betterave : sucre, azote, acide phosphorique et potasse. Je voudrais apporter aujourd'hui quelques précisions au sujet de l'azote.

I. Au sortir de la batterie d'extraction du jus, le résidu humide, c'est-à-dire la pulpe, est envoyé dans des presses en vue de lui enlever une partie de l'eau qu'il contient. Pour 100^{kg} de betteraves, on obtient ainsi environ 50^{kg} de pulpe pressée, employée comme fourrage, et 40^{kg} à 50^{kg} d'eaux de presses.

On peut représenter la composition moyenne des unes et des autres par les chiffres suivants :

	Pour 100 de pulpe pressée.	Par litre d'eau de presse tamisée.
Matière sèche	8,5 à 10	8^{g},5
Sucre	0,60	4,5
Cendres	0,55	1,2
Azote total	0,10 à 0,13	0,10 à 0,12

Cela signifie que la matière sèche emportée par les eaux de presses représente à peu près 8 à 10 pour 100 de celle qui reste dans la pulpe pressée ; quant à l'azote, il se répartit sensiblement en proportions égales entre la pulpe et les eaux, quoique cependant la partie entraînée varie avec l'intensité de la pression.

Ces chiffres, joints à ceux que j'ai donnés dans ma première Communication, montrent que, dans les fabriques de sucre qui distillent leurs mélasses et incinèrent les vinasses, l'azote apporté par les betteraves se partage, pour 100 de l'azote total, de la façon suivante :

Dans les tourteaux de carbonatation	15
Dans la pulpe fourrage	20
Dans les eaux de presses et petites eaux	18
Dégagé sous forme d'ammoniaque pendant le travail	17
Dégagé pendant l'incinération des vinasses	30

[1] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 697.

Ce sont là des valeurs moyennes qui peuvent varier légèrement avec les années, la composition des racines, la température d'extraction des jus et le degré de pression des pulpes.

II. Souvent on emploie, dans la batterie de diffusion, de l'acide sulfureux ou des bisulfites, à titre d'antiseptiques; quelquefois on emploie aussi des hydrosulfites pour épurer les jus. Ces composés précipitent-ils des matières azotées?

J'ai déjà démontré ([1]) qu'en déféquant les jus de digestion aqueuse de betteraves saines, à chaud, avec de l'acide sulfureux libre, on obtient la même polarisation qu'avec le sous-acétate de plomb.

Nous avons étendu ces recherches en comparant l'acide sulfureux et ses composés précités à l'hydrate de cuivre, aidé de sulfate d'alumine.

Dans une première série d'essais, effectués sur 32g,6 de râpure, le témoin contenant 0,90 d'azote pour 100 de sucre dans le liquide filtré mais non déféqué, les jus traités par le sous-acétate de plomb, l'acide sulfureux (0g,125), le bisulfite de soude ($SO^2 = 1^g,3$) et l'hydrosulfite ($SO^2 = 1^g,3$) ont donné pour le même rapport de l'azote au sucre le même nombre 0,59, avec la même polarisation 17,8.

Dans une seconde série d'essais, portant sur du jus de diffusion d'usine, on a obtenu des résultats identiques aux précédents: 0,63 d'azote pour 100 de sucre et 16,6 de polarisation dans tous les jus déféqués, soit aux composés sulfureux, soit à l'hydrate de cuivre et au sulfate d'alumine, le témoin, simplement filtré avec un peu de kieselguhr, donnant 0,73 pour le coefficient d'azote. Dans les deux cas, les résultats ont été, comme on le voit, exactement les mêmes.

Conclusions. — L'acide sulfureux et ses composés précipitent les mêmes matières polarisantes que le sous-acétate de plomb dans les betteraves saines; ils précipitent également les matières albuminoïdes du jus de betteraves comme l'hydrate de cuivre.

Ce travail a été fait en collaboration avec M. Wehrung.

([1]) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 360.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réaction spécifique du 2-3-butylèneglycol et de l'acétylméthylcarbinol, produits de la fermentation butylèneglycolique.* Note de M. **Lemoigne**, présentée par M. Roux.

Un grand nombre de microbes décomposent les sucres en donnant du 2-3-butylèneglycol ($CH^3 - CHOH - CHOH - CH^3$) et de l'acétylméthylcarbinol ($CH^3 - CO - CHOH - CH^3$). Cette fermentation butylèneglycolique offre un grand intérêt théorique, et comme, d'autre part, la caractérisation de l'acétylméthylcarbinol sert à différencier certains groupes de microbes voisins, tels que les groupes *B. Lactis ærogenes et B. coli*, j'ai pensé qu'il serait utile de posséder une réaction commode, rigoureuse et spécifique, qui permette de mettre en évidence les produits de cette fermentation, même quand il ne s'en forme que des traces.

La préparation de la phénylosazone et celle de la phényluréthane donnent des résultats rigoureux, mais exigent des quantités assez grandes de produits. La réaction de l'iodoforme est très sensible, mais n'est pas spécifique. Enfin, la réaction empirique de Voges et Proskauer manque de sensibilité et n'offre aucune garantie.

Pour établir ma méthode, j'ai écarté, *a priori*, toute réaction directe sur la culture et employé le distillat. L'acétylméthylcarbinol ne pouvant être concentré par distillation, il y a intérêt à l'oxyder en diacétyle ($CH^3 - CO - CO - CH^3$) par le chlorure ferrique, le mieux adapté des oxydants à cette réaction.

Pour caractériser le diacétyle, j'ai reconnu qu'en milieu ammoniacal, en présence d'un sel de nickel, l'hydroxylamine se combine rapidement avec le diacétyle, même en solution très diluée, avec formation de nickeldiméthylglyoximine, superbe précipité rouge formé de fines aiguilles insolubles dans l'eau. Les réactions qui se produisent dans ces conditions sont résumées dans les formules suivantes :

$$\begin{array}{l} CH^3CO \\ | \\ CH^3CO \end{array} + \begin{array}{l} NH^2OH \\ NH^2OH \end{array} + NiCl^2 + 2NH^3$$

$$= 2H^2O + 2NH^4Cl + \begin{array}{l} CH^3 - C = NO \\ \quad\quad | \\ CH^3 - C = NO \end{array}\!\!\!>\!Ni \quad \begin{array}{l} CH^3 - C = NOH \\ \quad\quad | \\ CH^3 - C = NOH \end{array}$$

Cette réaction est utilisée pour le dosage du nickel, en employant la diméthylglyoxine $CH^3 - (C = NOH)^2 - CH^3$ (Tschugaeff). J'ai vérifié que,

parmi les produits de fermentation, seul le diacétyle permet la formation de la nickeldiméthylglyoximine qui peut être considérée comme spécifique. Cette réaction est très facile à réaliser et offre une grande sensibilité.

Un peu de culture (10,50 ou 100$^{cm^3}$) est additionné de 5$^{cm^3}$ de perchlorure de fer à 45° et distillé. S'il y a des quantités sensibles d'acétylméthylcarbinol, le distillat est nettement vert (couleur du diacétyle). Les 3 ou 4 premiers centimètres cubes sont additionnés de 15 à 20 gouttes d'ammoniaque, de 5 gouttes d'une solution aqueuse de chlorhydrate d'hydroxylamine à 20 pour 100 et de 5 gouttes d'une dilution de chlorure de nickel à 10 pour 100. On fait bouillir. S'il y a suffisamment de diacétyle, on obtient de suite un virage du bleu au violet, puis au rouge, avec formation d'un abondant précipité cristallin rouge vif. Si la quantité de diacétyle est moindre, le précipité ne se forme pas de suite, et il faut attendre parfois quelques heures.

La sensibilité de cette réaction a été étudiée par rapport à l'acétylméthylcarbinol. On peut l'augmenter considérablement par une concentration préalable du diacétyle. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

Quantité de solution distillée. (I).	$CH^3 - CHOH - CO - CH^3$. Titre de la solution. (II).	Quantité absolue traitée. (III).	Résultats. (III).
cm³	g pour 100	g	
10	0,870	0,0087	Réaction intense immédiate.
10	0,087	0,00087	De suite, rien. Au bout d'une heure, petits cristaux rouges, caractéristiques, visibles au microscope.
25	0,043	0,00107	Après 10 minutes, précipité rouge.
50	0,01075	0,0005	Rien.
100	0,01075	0,00107	Après une heure, précipité rouge.
1000	0,0043	0,0043	Après 10 minutes, précipité rouge abondant.
5000	0,001	0,005	Réaction intense, presque immédiate.

On peut évidemment augmenter encore la sensibilité de la réaction en traitant une plus grande quantité de liquide. Mais, en tenant compte seulement de ces résultats, on voit qu'il est facile de caractériser, avec certitude, l'acétylméthylcarbinol à la dilution de $\frac{1}{1000000}$.

Cette réaction pourra, grâce à sa sensibilité et à sa spécificité, rendre des services dans l'étude théorique de la fermentation butylèneglycolique; elle est tout indiquée, d'autre part, pour la différenciation de certaines espèces microbiennes, remplaçant avantageusement la réaction empirique et incertaine de Voges et Proskauer.

BIOLOGIE. — *La toxicité sérique et les propriétés physiques des gels colloïdaux.* Note [1] de M. W. **Kopaczewski** et Mme Z. **Gruzewska**, présentée par M. d'Arsonval.

Le sérum d'animaux d'expériences, mis en contact avec les gels colloïdaux, tels que la gélose et la pectine, acquièrent des propriétés toxiques foudroyantes; la symptomatologie et les lésions anatomo-pathologiques rappellent alors d'une façon frappante le tableau du choc anaphylactique. Or, d'autres gels, d'une consistance et structure apparemment identique à celle de la gélose ou de la pectine, ne provoquent pas du tout cette toxicité, ou d'une façon irrégulière, et, pour ainsi dire, capricieuse; citons parmi ces gels : l'alumine, la silice et l'amidon.

Il nous a paru intéressant de fixer exactement les conditions d'apparition de la toxicité sérique et cela pour apporter plus de clarté dans son mécanisme.

Après de nombreuses expériences, nous avons constaté que les gels d'alumine, de carbonate de baryum, d'arséniate de fer, de phosphate tricalcique et d'hydrate de fer ne sont jamais capables de faire apparaître la toxicité du sérum, malgré la prolongation de la durée de contact ou l'élévation de la température.

Guidés par nos recherches antérieures dans le sens d'une floculation des colloïdes du sérum par les colloïdes étrangers à ce milieu, le rôle de la charge électrique dans ce phénomène ne pouvait pas nous échapper. Les expériences de transport électrique ont permis de constater que tous les gels précités ont une charge électrique positive.

Nous nous sommes alors demandé si les variations et l'inconstance des phénomènes toxiques avec la silice ou l'amidon ne résultent pas de variations dans leur composition chimique et, *eo ipso*, de modifications de leur charge électrique. Les recherches que nous avons entreprises dans ce sens nous ont pleinement confirmé cette supposition quant à la silice, et, en plus, ont mis en évidence la valeur de la structure des gels comme facteur nouveau et insoupçonné, quant à l'amidon.

Les détails techniques d'expérimentation ont été fixés antérieurement; rappelons seulement qu'on mélangeait 5^{cm} des gels, dont les détails de préparation seront

---

(1) Séance du 29 décembre 1919.

publiés ultérieurement, mis en suspension dans la solution physiologique, avec 10^{cm} de sérum frais du cobaye et, après un contact d'une heure à 37° C., on centrifugeait pendant 10 minutes et l'on injectait, à 3000 tours à la minute, $4^{cm},5$ du liquide surnageant, parfaitement hyalin et transparent, dans la veine jugulaire du cobaye, Les poids du cobaye variaient de 250g à 450g; le temps d'injection durait 1 minute.

Voici quelques séries d'expériences faites avec la silice à l'état de gel.

Si l'on précipite une solution de silicate de potasse pur à 10 pour 100, par l'acide chlorhydrique pur, il se produit à un moment donné une gelée blanche, compacte, adhérente; la réaction est acide; si, au lieu de HCl pur, on l'emploie dilué au dixième, on obtient en présence d'un indicateur tel que le tournesol, une gelée compacte, dont la réaction est alcaline; et si, au lieu de silicate à 10 pour 100, on le dilue au $\frac{1}{100}$, il n'y a pas de formation d'un gel; mais, après la purification par la dialyse prolongée et la concentration au bain-marie, ce sol de la silice se gélifie, et alors elle est neutre et ne donne pas de réaction sur le chlore.

Ces trois silices à l'état de gel présentent au point de vue électrophoretique des différences capitales : la première est électropositive; la seconde électronégative; la troisième amphotère. En éprouvant la toxicité du sérum frais de cobaye, mis en contact avec trois modifications de la silice-gel, nous avons constaté que seule la silice électronégative est en état de la faire apparaître.

Ainsi l'importance de la charge électrique des gels dans la production de la toxicité est bien établie. De cette façon, il est facile d'expliquer le phénomène d'inversion de la charge électrique des «globulines» du sérum toxique (1) et les résultats contradictoires, obtenus par différents auteurs avec des gels, identiques en apparence avec la gélose ou la pectine, mais ayant une charge électrique opposée.

Nous avons mentionné plus haut que les recherches avec l'amidon nous ont permis de fixer l'importance capitale de la structure micellaire des gels dans la production d'une toxicité sérique par contact.

L'un de nous (2) ayant fixé la composition de l'amidon, comme résultante de l'union d'amylose et d'amylopectine, nous avons expérimenté ces deux substances, mais aucune d'elles, séparément, n'est en état de rendre le sérum toxique. La solution d'amidon pur à 10 pour 100, obtenue par le chauffage d'une demi-heure à 120°C., se présente, après refroissement, à

---

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, 1919, p. 590.

(2) Z. Gruzewska, *Journal de Physiologie*, t. 14, 1912, p. 7.

l'état d'une gelée tremblotante; après un contact avec le sérum du cobaye, cette gelée n'engendrait pas de symptômes caractéristiques; congelée auparavant, soit dans l'eau distillée, soit dans la solution physiologique, et, après la décongélation, mise en contact avec le sérum, elle ne provoquait non plus des accidents notables.

Il en était tout autrement, lorsque le même gel d'amidon a été congelé avec le sérum du cobaye; après la décongélation et la centrifugation, l'injection du liquide surnageant provoquait des convulsions instantanées et la mort caractéristique. Il va sans dire que l'injection du sérum, normal, préalablement congelé n'a amené aucun trouble dant l'état animal, même à la dose doublée.

En présence de ces faits, il était nécessaire de préciser les conditions qui président à l'apparition de la toxicité sérique après la congélation d'amidon ensemble avec le sérum. C'est ainsi qu'en congelant l'amidon-gel avec le liquide de Ringer-Locke et en le mettant en contact, après la décongélation, avec le sérum du cobaye, nous avons constaté l'apparition de phénomènes toxiques foudroyants.

Disons, pour interpréter ces résultats, que le signe de la charge électrique et l'intensité de cette charge étaient identiques dans tous les cas; l'amidon-gel est électronégatif.

Il paraît donc plausible d'admettre que la rétrogradation de l'amidon se fait, suivant les conditions, d'après un mode différent et qu'en même temps la modification de sa structure, en tant que gel, subit des variations essentielles. Sans entrer davantage dans des détails qui feront l'objet de recherches spéciales, au point de vue purement physique, il nous semble que l'importance de la structure micellaire des gels dans la production de la toxicité sérique par contact est démontrée.

Ainsi apparaît de plus en plus évidente l'explication physique de ce mode d'intoxication, à savoir : l'introduction d'un colloïde déterminé dans le sérum provoque une rupture d'équilibre micellaire *in vitro* qui se prolonge *in vivo*, en se traduisant par une floculation colloïdale; on peut admettre qu'il en résulte une obstruction du réseau capillaire, et l'asphyxie consécutive, avec son cortège habituel des symptômes.

MORPHOLOGIE. — *Sur les principales modalités du développement et des relations de l'Orthosepte et du Stérigmatosepte dans l'ensemble du groupe des Anthozoaires.* — Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Dans une précédente Communication j'ai fait connaître une série de faits nouveaux qui m'amènent à me représenter la loge des Anthozoaires comme dérivant de la transformation d'un complexe musculaire à deux éléments liés de très bonne heure l'un à l'autre, mais d'âge et d'orientation différents : on conçoit donc pour ces deux éléments la possibilité d'évoluer avec une certaine indépendance l'un par rapport à l'autre et suivant divers modes; envisageons sommairement quelques-uns d'entre eux.

1° J'aborderai cette étude par l'examen du dispositif morphologique exceptionnel réalisé, chez les Antipathaires, par le genre Leiopathes. Les trois paires de cloisons dites *secondaires* que présente cette forme répondent toutes à des Stérigmatoseptes : il s'ensuit que, des deux paires de cloisons secondaires ventrales placées côte à côte, l'une doit s'homologuer aux Stérigmatoseptes des cloisons alpha dorsales (cloisons I des auteurs), l'autre à ceux des cloisons alpha ventrales (cloisons directrices ventrales). C'est un exemple jusqu'ici unique de Zoanthaire adulte ayant conservé ses Stérigmatoseptes ventraux. On ne s'étonnera pas de rencontrer cette structure à caractère archaïque chez un représentant du groupe d'Anthozoaires probablement le plus primitif.

2° Dans le cas le plus fréquent, celui de la majorité des Hexanthides, le Stérigmatosepte est rapidement supplanté par l'Orthosepte qui conserve tous les avantages de son évolution accélérée jusqu'à la fin de la période embryonnaire. A ce moment l'équilibre anatomique se rétablit entre les deux éléments. C'est à ce phénomène de régularisation s'effectuant au profit du Stérigmatosepte que le stade à 12 cloisons complètes doit son existence et sa perfection chez les Hexactinies et les Hexacoralliaires.

3° Les Zoanthes, on le sait, ne présentent pas tous ce phénomène de régularisation terminale. Leurs types à organisation microseptale conservent, durant toute leur existence, le dispositif embryonnaire qui, provisoire chez les Hexactinies, donne à l'Orthosepte plus d'importance apparente qu'au Stérigmatosepte. En outre, si j'en juge d'après des figures fort intéressantes publiées sans interprétation par Ed. Prat, 1912, certaines de leurs larves présenteraient une remarquable persistance des relations qui unissent primitivement l'un à l'autre Orthoseptes et Stérigmatoseptes.

4° Au nombre des variations de ces deux éléments que l'on pourrait imaginer à titre d'éventualité logique, il s'en offre une qui comporterait le maintien de l'état de choses réalisé avant la naissance de l'Orthosepte. Il se trouve que ce cas n'est point une pure représentation idéale : il est matérialisé par les Octanthides. Dans ce type

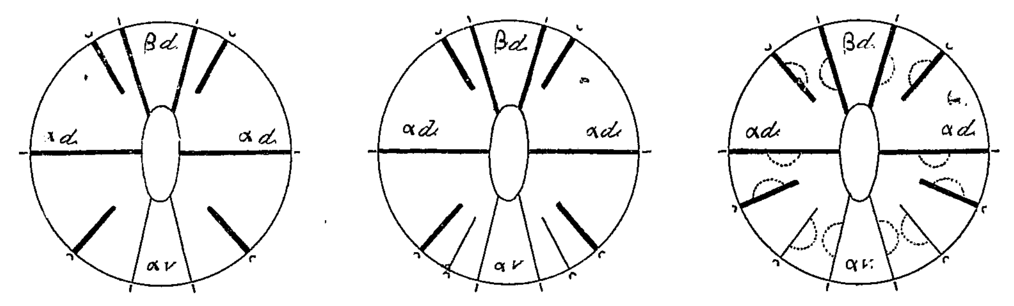


Fig. 1. — A gauche, antipathaire du type normal. Au milieu genre leiopathe. A droite, schéma destiné à montrer l'orientation hypothétique de la musculature cloisonnaire dans l'interprétation proposée. Le signe conventionnel ∪ indique un stérigmatosepte; le signe ▌ un orthosepte. αd, βd, éléments dorsaux des segments successifs α, β. αv, élément ventral du segment α.

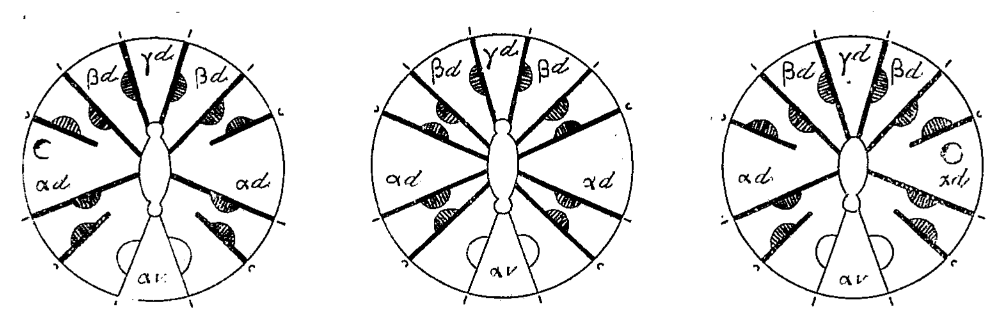


Fig. 2. — A gauche, jeune hexactiniaire avant la régularisation. Au milieu, hexactiniaire après la régularisation. A droite, zoanthe à disposition microseptale. αd, βd, γd éléments dorsaux des segments successifs α, β, γ. αv, élément ventral du segment α.

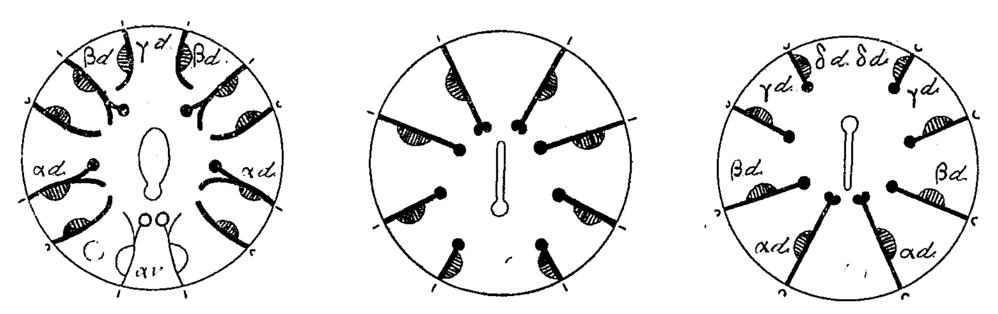


Fig. 3. — A gauche, schéma d'une larve de Zoanthe montrant la persistance des relations primitives entre stérigmatoseptes et orthoseptes. Au milieu, octocoralliaire, orientation classique interprétant les éléments cloisonnaires comme des orthoseptes. A droite, orientation proposée, interprétant ces mêmes éléments comme des stérigmatoseptes. δd, élément dorsal du quatrième segment des octocoralliaires.

de structure, l'appareil cloisonnaire est, en effet, réduit au Stérigmatosepte. Il en résulte qu'il n'y a pas de loge, à proprement parler, chez ces coralliaires et que la musculature de l'unique élément accessible à l'observation affecte une disposition inverse de celle que l'on aurait été tenté de lui assigner en prenant pour guide l'organisation des groupes à Orthoseptes prédominants.

Sans soupçonner cette cause de confusion, les morphologistes sont tombés dans l'erreur qui les menaçait lorsque, poussés par le besoin d'attribuer aux Hexanthides une orientation comparable à celle des Octocoralliaires, ils ont cru pouvoir admettre que l'élément cloisonnaire unique de ces derniers était, par sa musculature, homologable au plus important des deux éléments développés chez les Héxanthides.

Or, comme nous l'avons vu plus haut, c'est l'inverse qui est vrai.

Il devient donc clair que, pour rendre cette comparaison possible, il faut retourner le schéma classique de l'Octanthide. Je ne puis insister ici sur les contradictions qu'entraînait le choix de l'orientation admise jusqu'ici : la solution que je propose les lève; elle rend en particulier naturelle, c'est-à-dire conforme à la règle chez tous les Anthozoaires, la disposition fondamentale des couples de cloisons des Octocoralliaires en série régulièrement décroissante du foyer ventral au foyer dorsal, alors que l'interprétation classique renversant cette sériation obligeait à admettre que les cloisons qui présentent à tous les points de vue la marque du développement le plus avancé et le plus complet étaient les éléments le plus récemment formés.

Pour conclure, on voit la cloison microseptale de la loge des Anthozoaires (cloisons 5 et 6 des auteurs) que l'anatomie descriptive et l'anatomie comparée s'accordent à reléguer à l'arrière-plan, devenir, à la clarté des faits embryogéniques que nous venons d'exposer, l'élément le plus important de l'appareil cloisonnaire, celui auquel il faut faire remonter l'origine de cet appareil chez les formes primitives, celui qui seul persiste chez les Octanthides. D'organe satellite et tout d'abord sans signification appréciable, il se révèle à nos yeux comme une structure fondamentale à laquelle il faudra désormais constamment songer pour la recherche des homologies et la solution des difficultés morphologiques.

HISTOGENÈSE. — *Sur les muscles de l'iris du Crocodile.*

Note de MM. **E. Grynfeltt** et **L. Carrère**, présentée par M. Henneguy.

De nombreuses recherches entreprises au cours de ces vingt dernières années, sur des représentants de la plupart des classes des Vertébrés, ont montré que la musculature de l'iris dérive de l'épithélium postérieur de cet organe, c'est-à-dire de la portion irienne de la cupule optique ou *pars iridica retinæ.*

Il existe cependant, dans cet ensemble de travaux une lacune en ce qui concerne l'iris des Reptiles. C'est pour essayer de la combler que nous avons entrepris de nouvelles recherches sur quelques-uns de ces animaux, parmi lesquels le Crocodile (*Crocodilus vulgaris*) dont l'iris, des plus caractéristiques, fera l'objet de cette Note.

L'appareil dilatateur s'y présente sous forme d'une *membrane dilatatrice*, myo-épithéliale, comme dans les autres groupes de Vertébrés. Elle est formée par un plan unique de fibrilles contractiles, différenciées dans la partie basale (contre le stroma) de la lame épithéliale antérieure de la *pars iridica retinæ*. Ces fibrilles, légèrement écartées les unes des autres, sont orientées suivant les rayons de l'iris, et sensiblement parallèles entre elles. Très longues, elles ne sont nullement groupées, comme si elles appartenaient à des territoires cellulaires distincts. Il s'agit donc là, comme chez les Mammifères, d'une membrane continue. Par l'arrangement de ses fibrilles, ce dilatateur rappelle absolument celui qui a été décrit par l'un de nous (Grynfeltt, 1905) chez les Oiseaux rapaces nocturnes. L'analogie se poursuit jusque dans la fine structure des éléments contractiles. Chez le Crocodile, en effet, comme chez ces Oiseaux, les myofibrilles du dilatateur ne sont pas homogènes. Quand on colore l'iris par certains colorants, en particulier par l'hématoxyline ferrique, elles apparaissent formées par une succession d'éléments clairs et colorés identiques aux disques épais et aux bandes claires des muscles striés. Mais il n'y a pas de disque mince. Il s'agit donc là de fibres striées du type simple de Haswell et de Prenant.

Le *sphincter* est bien développé chez le Crocodile. Sur les coupes radiées (parallèles aux rayons de l'organe) ses fibres striées, sectionnées en travers, se voient sur presque toute l'étendue de l'iris. Au voisinage immédiat du bord pupillaire, sur une longueur de 150^{μ} environ, elles forment un anneau compact. Dans toute cette partie, le muscle est très riche en pigment, au point que, sur les coupes non dépigmentées, il ne présente aucune différence avec les cellules de l'épithélium postérieur. Quand le pigment est décoloré, on aperçoit, à la surface du fuseau sarcoplasmique qu'il encombre, une mince couche corticale fibrillaire, qui se teint électivement par les colorants habituels du muscle. Étroitement tassées les unes contre les autres, ces fibres musculaires pigmentées conservent une allure épithéliale et apparaissent, autour de l'orifice pupillaire, comme un simple épaississement de la *pars iridica retinæ*. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la pupille, on voit la masse sarcoplasmique pigmentée diminuer progressivement d'im-

portance, tandis que les fibrilles contractiles finissent par occuper toute la section des fibres. En même temps, celles-ci s'enfoncent dans le stroma et se mêlent aux éléments conjonctifs. D'abord groupées en îlots très serrés les uns contre les autres, ces fibres musculaires forment, dans la partie interne du stroma, comme une sorte de lame qui s'effrite, progressivement en dehors, si bien que, au voisinage du bord ciliaire, on n'en trouve plus que quelques-unes isolées, de loin en loin.

Ainsi, dans son ensemble, le sphincter présente :

1° Une *partie épithéliale* circumpupillaire pigmentée, qui rappelle les sphincters épithéliaux des Amphibiens et de certains Poissons (Grynfeltt, 1906-1910);

2° Une *partie non épithéliale*, concentrique extérieurement à la première, formée de fibres musculaires banales, plongées dans le stroma. Il est à remarquer qu'on passe insensiblement par des transitions ménagées de la première partie à la deuxième. En rapprochant cette disposition de ce que l'on sait du développement du sphincter des Oiseaux (Collin, 1903), il est logique de penser que l'ensemble du muscle doit être considéré comme le résultat d'un bourgeonnement des cellules de la *pars iridica retinæ*, dont une partie seulement (et non la totalité comme chez les Oiseaux) a émigré dans le stroma.

En résumé, chez le Crocodile, les éléments musculaires de l'iris dérivent de la cupule optique. Le fait est évident pour le dilatateur, qui est représenté par une membrane dilatatrice striée, du type simple, différenciée dans la partie basale de la lame antérieure de la *pars iridica retinæ*. Quant au sphincter, il en émane manifestement puisque, chez l'adulte, la partie la plus interne du muscle fait encore partie de la cupule optique, dans la région où se forment, chez les Vertébrés supérieurs, les éléments du sphincter qui émigrent plus tard dans le stroma de l'iris.

ZOOLOGIE. — *Observations sur la Mante religieuse et ses parasites.* Note de M. **L. Chopard**, présentée par M. Bouvier.

La Mante religieuse, surtout connue comme un féroce prédateur, n'échappe pas aux attaques des Hyménoptères parasites. Sans parler de quelques Sphégides qui alimentent leurs larves avec les jeunes Mantes, un certain

nombre de petits Hyménoptères pondent dans les oothèques et détruisent les œufs de cet Orthoptère. L'un des plus intéressants parmi ces derniers est un Scélionide n'atteignant pas 3 millimètres de long, *Rielia manticida* Kieffer. Cet insecte a été découvert par le Dr Riel, de Lyon, qui en a obtenu quarante-deux mâles, éclos d'une oothèque de *Mantis religiosa* L., en octobre 1910. J'ai retrouvé la femelle de ce petit Hyménoptère à Banyuls-sur-mer (Pyrénées-Orientales) en octobre 1913, et c'est d'après des individus que je lui ai envoyés à cette époque que J.-J. Kieffer en a donné récemment la description (1). Depuis, je n'ai cessé de rechercher ce petit parasite et l'ai rencontré dans de nombreuses localités; j'ai réussi à en suivre, dans ses grandes lignes, la biologie que je résume ici.

Rielia manticida éclot vers la seconde quinzaine de septembre, alors que les Mantes viennent d'accomplir leur dernière mue; les deux sexes sont ailés et l'accouplement doit avoir lieu peu après l'éclosion. La femelle vient alors se fixer sur une Mante dans des conditions que je n'ai pu observer; aussitôt fixée, ses ailes tombent non pas détachées à leur articulation, mais semblant sectionnées peu au-dessus de la base, très nettement, comme par un coup de ciseau; tous les individus que j'ai observés présentaient cette particularité, et j'ai trouvé une fois l'aile sectionnée restée collée sur la Mante, près du parasite. Maurice Girard, qui avait déjà constaté ce fait chez une espèce indéterminée, mais sans aucun doute très voisine du *Rielia* et vivant dans les mêmes conditions, supposait que les ailes se trouvaient déchirées par des frottements (2); il n'en est évidemment rien, et la netteté de la section prouve qu'il s'agit d'une chute de l'aile facilitée sans doute par une disposition histologique rappelant celle du péliole des feuilles qui provoque la chute de celles-ci à l'automne. La place choisie par le parasite sur son hôte n'est pas quelconque; c'est presque toujours sous l'aile ou l'élytre, sur les parties latérales du méso- et du métathorax, en des points abrités du contact des pattes, qu'on le trouve; il se fixe parfois aussi à l'extrémité de l'abdomen entre les valves anales ou dans la plaque sous-génitale. On trouve souvent sur la même Mante deux, trois, et même jusqu'à cinq parasites.

Le *Rielia* est-il un véritable parasite sur la Mante; sans pouvoir l'affirmer, on constate ce fait qu'il vit pendant plusieurs mois sans quitter son hôte et

---

(1) J.-J. Kieffer. *Sur les Hyménoptères parasites des oothèques de Mantides* (*Bull. Soc. ent. Fr.*, 1919-1920, p. 357-359).

(2) *Ann. Soc. ent. Fr.*, 1878, Bull., p. 163.

qu'il doit évidemment prendre une nourriture quelconque. On le rencontre fixé dès le mois de septembre et j'en ai reçu un de Golfe-Juan (Alpes-Maritimes) au début de décembre; pendant ces trois mois le *Rielia* reste sur la même Mante, ne la quitte que pour la ponte, comme je l'indiquerai tout à l'heure, et regagne immédiatement sa place. S'il s'écarte par accident de son hôte, il erre au hasard et est irrémédiablement perdu; j'ai constaté qu'il reste sur la Mante jusqu'à la mort de celle-ci, ne quitte pas le cadavre et meurt deux ou trois jours après, toujours fixé à son hôte.

La ponte de *Mantis religiosa* a lieu en deux ou trois fois en octobre et novembre; comme on sait, elle se compose d'environ 1000 à 1200 œufs disposés au centre de coques ovigères ou oothèques formées d'une masse spumeuse qui durcit à l'air. Dès le début de la ponte, l'abdomen de la Mante est animé de violentes contractions qui amènent le *Rielia* à quitter son abri sous les ailes; le parasite descend alors le long de l'abdomen et gagne la région génitale. A ce moment la Mante semble s'apercevoir de sa présence et cherche souvent à s'en débarrasser à coups de pattes; je l'ai même vue interrompre sa ponte et chercher à atteindre l'extrémité de son abdomen avec sa patte ravisseuse. Il arrive parfois qu'elle réussit à rejeter le parasite au loin mais, dans le cas contraire, ce dernier passe sur l'oothèque en formation; celui-ci est à ce moment de consistance visqueuse et l'oviscapte de la Mante, animé de mouvements rapides, va constamment d'un côté à l'autre, s'arrêtant seulement dans la région médiane pour déposer les œufs. Le minuscule parasite, noyé dans la masse spumeuse, englué d'écume, est balayé à chaque passage de l'extrémité abdominale de la Mante; il n'en demeure pas moins au milieu de cette masse, se déplaçant constamment, s'arrêtant fréquemment dans la région ovigère et déposant probablement ses propres œufs dans ceux de la Mante. Je n'ai pas pu observer directement cette ponte, mais j'ai vu des individus de *Rielia* montrant à ce moment une fine tarière qui est invaginée au repos. Vers la fin de la ponte, la Mante repasse plus fréquemment au même endroit, l'oothèque étant de plus en plus étroite, le *Rielia* est alors continuellement plongé dans l'écume et il cherche à se dégager en remontant sur son hôte. S'il y parvient, il regagne sa place et s'y maintient; parfois aussi il se trouve écarté et meurt épuisé, après avoir erré un certain temps.

Je n'ai pas pu trouver l'œuf de *Rielia* à l'intérieur de celui de la Mante, mais j'y ai rencontré en mars des larves cyclopéennes très analogues à celle des *Platygaster;* ces larves sont au nombre de deux à cinq dans chaque

œuf, elles subissent au moins deux mues en avril et en juin et présentent alors deux grandes mandibules mobiles, des appendices thoraciques filiformes en éventail et leur extrémité abdominale est bifurquée; en août elles se transforment en une larve ovoïde, complètement immobile. Je n'ai pas encore réussi à suivre le développement au delà de cette deuxième forme larvaire.

MÉDECINE. — *Sur les opérations compressives et décompressives du globe de l'œil.* Note de M. **Lagrange**, présentée par M. Quénu.

La tension oculaire, dont le mécanisme physiologique est encore très discuté, est le résultat de la pression du contenu oculaire (milieux transparents) sur la coque de l'œil (sclérotique).

L'exagération de cette tension est le symptôme capital du glaucome, son abaissement se rencontre dans les cas où la nutrition de l'œil est défaillante, notamment dans le décollement rétinien.

Il est possible au chirurgien oculiste d'abaisser d'une façon durable, définitive, la tension oculaire quand elle est très élevée; il est également possible de l'élever quand elle est abaissée, nous avons, à l'aide d'actes chirurgicaux appropriés, le moyen de normaliser la tension de l'œil et, par conséquent, le pouvoir de combattre efficacement les graves symptômes d'hypertonie et d'hypotonie.

Le moyen de combattre l'hypertonie consiste dans l'application de la méthode fistulisante que nous avons introduite, il y a 16 ans, dans la thérapeutique du glaucome chronique; cette méthode, adoptée dans son principe par la presque unanimité des oculistes, et utilisée en ce moment dans tous les pays, consiste à réséquer en face de la chambre antérieure, dans la région de la rigole de *Fontana*, un lambeau de sclérotique; ce lambeau doit intéresser la zone sclérale de la face antérieure de la rigole irido-cornéenne, c'est-à-dire au propre la région du canal de Schlemm. La cornée peut être absolument respectée car il existe là une bande sclérale large de 1^{mm} recouverte par le tissu sous-conjonctival; la résection de ce lambeau scléral fait communiquer la chambre antérieure avec les mailles lâches et résorbantes de la conjonctive; beaucoup d'oculistes, pour faire cette résection, qui est la base même de notre méthode, se servent d'un petit trépan, d'autres de ciseaux courbes, d'autres encore d'un couteau simple ou à double

lame; le meilleur instrument est l'emporte-pièce, mais la forme de l'instrument est tout à fait secondaire; quand on a réséqué à l'endroit indiqué la sclérotique limbique on a fistulisé l'œil et l'on a ramené, d'une façon définitive, la tension à la normale. Nous avons ainsi des sujets fistulisés depuis plus de dix années.

La fistulisation de l'œil, si longtemps cherchée par les oculistes, est devenue une opération courante et classique.

J'ajoute qu'elle est exempte d'incidents et d'accidents lorsque l'opération est pratiquée selon les règles que j'ai précisées dans de nombreux travaux.

L'intervention chirurgicale adressée à l'hypotonie et destinée à relever la tension de l'œil est moins connue et encore très peu pratiquée; nous sommes cependant en mesure maintenant, complétant nos publications de 1914, d'en régler la technique et les indications.

Cette opération consiste à créer autour de l'œil, dans la région de l'angle de filtration, du tissu fibreux artificiel soudant exactement la conjonctive à la sclérotique en supprimant les mailles sous-conjonctivales.

Un pareil résultat est quelquefois consécutif à des brûlures superficielles de l'œil, c'est aussi la conséquence des opérations chirurgicales qui consistent dans l'ablation de la conjonctive malade. Du tissu fibreux dense et imperméable vient remplacer la muqueuse et les mailles sous-muqueuses absorbantes; la région du canal de Schlemm est bloquée; rien ne filtre plus à son niveau et l'œil, gardant son liquide, durcit.

Quelle que soit d'ailleurs la théorie, le fait classique est constant et nous avons dans la création d'un tissu fibreux nouveau autour de la cornée dans la région du limbe (depuis le limbe jusqu'à 5^{mm} en arrière de lui) un moyen de relever la tension défaillante d'un œil malade.

Cette opération de colmatage trouve son indication dans le traitement du décollement de la rétine qui s'accompagne souvent d'hypotonie; elle est également recommandable et bienfaisante dans la myopie qui se complique d'hypotension; elle peut prévenir un décollement de la rétine imminent en relevant le tonus de l'œil à la normale.

Cette intervention que nous pratiquons depuis 6 ans est donc une opération compressive de l'œil destinée à rendre aux yeux hypotendus des services aussi grands que ceux rendus aux yeux hypertendus par la fistulisation limbique sous-conjonctivale, et les oculistes qui se sont, dans ces dernières annés, si ardemment occupés de la cure du glaucome en combattant l'hyper-

tension devront à l'avenir s'occuper des yeux hypotones, défaillants, guettés par le décollement rétinien et relever leur tension par l'opération appropriée que nous recommandons ici.

HYGIÈNE. — *Décomposition de l'eau oxygénée par des microorganismes extraits du lait pasteurisé.* Note de M. M. **Fouassier**, présentée par M. Roux.

La décomposition de l'eau oxygénée ajoutée à du lait frais est un fait bien connu. Elle se produit sous l'influence de diverses catalases les unes dites catalases *physiologiques*, les autres catalases *microbiennes*. Parmi ces dernières, c'est particulièrement le pouvoir catalysant des ferments lactiques qui a été étudié, et notamment par Sarthou ([1]).

Quelle que soit l'origine de ces catalases, elles sont détruites ainsi que leurs effets par la pasteurisation. Cependant, si pour en augmenter la durée de conservation, on ajoute de l'eau oxygénée au lait qui vient d'être pasteurisé, celle-ci disparaît au bout de quelques heures, et cela, ainsi que je l'ai constaté, bien avant que le lait ainsi traité accuse une modification de son acidité. On est par ce fait autorisé à supposer l'existence dans le lait pasteurisé de germes ayant résisté à la pasteurisation et doués d'un pouvoir catalysant assez actif.

C'est ce que je me suis attaché à rechercher, et j'expose dans la présente Note les résultats obtenus, me réservant d'en démontrer par la suite les conséquences pratiques.

Un certain nombre de laits pasteurisés, de consommation journalière ont été ensemencés sur gélose lactosée. Outre les ferments lactiques, j'ai isolé plusieurs variétés de germes, parmi lesquels le *subtilis*, le *tyrothrix tenuis*, l'*oïdium lactis* et une levure de lactose se sont rencontrés le plus fréquemment. Afin de déterminer comparativement leur action vis-à-vis l'eau oxygénée, ces germes, à l'état de pureté, ont été ensuite ensemencés sur un milieu liquide lactosé peptoné et stérilisé contenu dans une série de de tubes à essais. Un lot est conservé comme témoin, un autre reçoit 1 pour 100 d'eau oxygénée à 12^{vol}, un autre enfin 4 pour cent d'eau oxygénée, puis le tout est porté à l'étuve à 30°.

([1]) *Comptes rendus* t. 150, 1910, p. 119.

J'indique dans le Tableau suivant les résultats enregistrés après 48 heures d'incubation, terme qui m'a semblé le plus favorable pour faire mieux ressortir les différences qui existent entre les divers essais.

	Témoin.	Pouvoir catalysant du témoin.	Essai 1 pour 100 H^2O^2.	Recherche de H^2O^2.	Essai 4 pour 100 H^2O^2.	Recherche de H^2O^2.
Subtilis.........	++	9,1	++	absence	++	absence
Tyrothrix.......	++	8,4	++	»	++	»
Oïdium.........	++	1,5	+	»	o	présence
Levure.........	++	0,6	+	»	o	»
Ferment lactique.	++	o	o	présence	o	»

Le signe + indique une culture moyenne, le signe ++ une culture abondante et le signe o une culture nulle.

Le pouvoir catalysant a été déterminé en mélangeant intimement dans un uromètre 10^{cm^3} du milieu liquide témoin ayant donné une culture abondante avec 5^{cm^3} d'eau oxygénée à 12^{vol}. Le volume d'oxygène dégagé a été mesuré après 30 minutes de contact.

On remarque que, pour tous les tubes dans lesquels les germes se sont développés, la recherche pour retrouver l'eau oxygénée n'a pas eu de résultat, alors qu'elle a donné un résultat positif pour les tubes où le développement microbien ne s'est pas produit.

Le *subtilis* et le *tyrothrix* possédant un pouvoir catalysant élevé ont rapidement décomposé l'eau oxygénée, ajoutée même à doses massives, et se sont développés, dans ce cas, avec la même intensité que dans le témoin.

Les autres germes ont un pouvoir catalysant de plus en plus faible qui tombe à zéro pour le ferment lactique dans les conditions où je me suis placé : la dose la plus faible d'eau oxygénée a donc suffi à empêcher le développement de ce ferment [1].

Je me suis assuré que la décomposition de l'eau oxygénée constatée dans mes essais était imputable à une action diastasique. Cette action continue, en effet, à se manifester après filtration du milieu de culture

---

[1] J'ai remarqué que le *subtilis* et le *tyrothrix tenuis* ont respectivement des pouvoirs catalysants parfois très différents, suivant la nature du milieu de culture choisi. C'est aussi la différence de milieu qui explique la divergence de mes résultats avec ceux de Sarthou en ce qui concerne le ferment lactique.

sur bougie, tandis qu'elle est arrêtée par chauffage de ce milieu à 80°.

En terminant, je ferai observer que les germes pour lesquels le pouvoir catalysant est le plus élevé sont pourvus de spores qui peuvent résister à la pasteurisation.

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 5 janvier 1920.)

Note de M. *A. Lacroix*, La systématique des roches grenues à plagioclases et feldspathoïdes :

Page 21, lignes 3 à 5, rectifier ainsi : ... de la hornblende barkévicitique et parfois de la biotite accompagnant l'augite, et enfin l'apatite, l'ilménite ou la titanomagnétite que je ne signalerai plus dans les roches suivantes, ...

Note de M. *A. de Gramont*, Sur les spectres d'arc direct des métaux à point de fusion peu élevé :

La Note a été présentée dans la séance du 8 décembre 1919.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JANVIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La solution élémentaire des équations aux dérivées partielles linéaires hyperboliques non analytiques.* Note de M. **Hadamard**.

Introduite par M. Picard (¹) et formée par lui explicitement pour les équations à deux variables indépendantes du type elliptique, la *solution élémentaire* (²) des équations linéaires aux dérivées partielles a été étudiée à certains cas plus généraux par MM. Hilbert, Hedrick, Fredholm, Holmgren. J'ai pu ensuite (³) l'obtenir pour une équation linéaire (non parabolique) à un nombre quelconque de variables, *pourvu que les coefficients soient analytiques*.

E.-Elia Levi (⁴) a réussi à s'affranchir de cette dernière hypothèse, et M. Hilbert, de son côté, est arrivé (⁴) à des résultats équivalents. Leur méthode commune consiste à former une première approximation (la « parametrix » de M. Hilbert) qui *ne vérifie pas* l'équation donnée, mais dont, simplement, le résultat de substitution dans cette équation ne soit infini que du premier ordre au point singulier. Moyennant l'introduction de cette « parametrix », E.-Elia Levi parvient à former la solution élémen-

(¹) *Comptes rendus* des 16 avril 1891 et 5 juin 1900.

(²) Malgré l'inconvénient que présente un changement dans une terminologie déjà d'usage courant, je propose de substituer ce mot à celui de « solution fondamentale », qui risque plus de créer une confusion avec celui de « fonction fondamentale ».

(³) *Ann. Sc. Ec. Norm. sup.*, 1904.

(⁴) E.-E. Levi, *Rendic. Circ. Mat. Palermo*, 1907. — Hilbert, *Grundzeige einer allg. Theorie der linearen Integralgleichungen*, 6ᵉ Communication (1910). Une première allusion figure à la fin de la 5ᵉ Communication (1906).

taire; le résultat de M. Hilbert consiste à se passer de cette dernière, c'est-à-dire à faire jouer à la « parametrix » le rôle habituellement dévolu à la solution élémentaire elle-même. En réalité, les deux questions n'en font qu'une et l'analyse d'E.-Elia Levi est, au fond, identique à celle de Hilbert. Dans les deux cas, le problème est ramené à une équation intégrale de Fredholm.

Cette méthode ne s'applique pas directement au cas hyperbolique. Une difficulté nouvelle se présente alors; car l'expression que l'on peut essayer de substituer à la solution élémentaire doit posséder les mêmes propriétés qu'elle, non seulement au pôle, mais le long de toute une hypersurface, le conoïde caractéristique qui a pour sommet ce point.

D'autre part, puisque la méthode à laquelle nous venons de faire allusion est toujours, au fond, une méthode d'intégration, elle introduira forcément, sous une forme ou sous une autre, si le nombre n des variables indépendantes est impair, l'emploi d'un symbole spécial d'intégration (la partie finie d'une intégrale infinie) auquel la théorie des équations intégrales ne s'appliquerait pas en l'état actuel de la Science.

Je suis arrivé à résoudre le double problème ainsi posé en utilisant, comme dans mon Mémoire précédent (*Acta math.*, t. 31), les relations qui existent entre les cas de n pair et de n impair.

1. Soient donc

$$(\mathrm{E}) \qquad \mathcal{F}(u)=\sum_{i,k} a_{ik}\frac{\partial_2 u}{\partial x_i\,\partial x_k}\,2+\sum b_i\frac{\partial u}{\partial x_i}+cu=f(x_1,\ldots,x_n)$$

une équation à un nombre pair $n=2n_1$ de variables indépendantes;

$$(\mathcal{E}) \qquad \mathcal{G}(v)=0$$

son adjointe. Je considérerai, en introduisant une variable supplémentaire z, l'équation à $2n_1+1$ variables indépendantes

$$(\mathrm{E}') \qquad \mathcal{F}_1(u)=\mathcal{F}(u)-\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}=f(x_1,\ldots,x_n)$$

dont l'adjointe est

$$(\mathcal{E}') \qquad \mathcal{G}_1(v)=\mathcal{G}(v)-\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}=0.$$

Toutes ces équations sont supposées appartenir au type hyperbolique normal, c'est-à-dire que la forme caractéristique

$$\mathrm{A}=\Sigma a_{ik}\,\alpha_i\,\alpha_k$$

commune à (E) et à ($\mathcal{E}$) se compose d'un seul carré positif et $n - 1$ négatifs [la forme caractéristique de (E_1), ($\mathcal{E}_1$), savoir $A_1 = A - \gamma^2$ satisfaisant à une condition analogue].

Les coefficients a_{ik}, b_i, c et la fonction f ne sont pas supposés analytiques en $x_1, \ldots, x_n$; mais ils seront supposés admettre des dérivées partielles jusqu'à un certain ordre que je ne chercherai d'ailleurs pas, au moins pour le moment, à réduire au minimum, et qui, comme cela est bien commandé par la nature de la question (je reviendrai sur ce point à la fin de cette Communication), est croissant avec n.

Dans ces conditions, nous pourrons, par la méthode exposée dans le Mémoire cité des *Annales de l'École Normale supérieure* (Note précédente) (1), former pour l'équation ($\mathcal{E}'$), le commencement du développement de la solution élémentaire, savoir

$$\bar{v}' = \frac{\bar{V}'}{\Gamma'^{n_1 - \frac{1}{2}}},$$

dans laquelle $\Gamma' = 0$ est l'équation du conoïde caractéristique de ($\mathcal{E}'$) qui a pour sommet le pôle $(a_1, \ldots, a_n, c)$ de la solution cherchée, et $\bar{V}'$, fonction régulière (c'est-à-dire continue dérivable jusqu'à l'ordre ci-dessus mentionné), un développement *limité*

$$\bar{V}' = W_0 + W_1\Gamma' + \ldots + W_i\Gamma'^i + \ldots + W_{n_1-1}\Gamma'^{n_1-1},$$

ne se distinguant que par sa limitation du numérateur V' de la véritable solution élémentaire (*loc. cit.*, p. 548-552), dans lequel l'exposant prend toutes les valeurs de 0 à $+\infty$. La quantité $\mathcal{G}_1(\bar{v}')$ est alors de la forme $\frac{\psi'}{\sqrt{\Gamma'}}$, ψ étant borné, continu et indépendant de z.

De cette expression $\bar{v}'$, on peut « descendre » à une expression correspondante $\bar{v}$, commencement du développement de la solution élémentaire de ($\mathcal{E}$), Γ' étant lié à la quantité analogue Γ relative à ($\mathcal{E}$) par la relation $\Gamma' = \Gamma - (z - c)^2$ et, par ailleurs, les relations entre les développements $\bar{v}$, $\bar{v}'$ étant celles qui sont définies à la page 370 de mon Mémoire des *Acta mathematica* (à ceci près que l'indice i varie seulement de 0 à $n_1 - 1$ et non de 0 à $+\infty$).

---

(1) On doit toutefois tenir compte du changement de notation indiqué à la page 337 du Mémoire des *Acta mathematica*, t. 31.

2. Cela posé, soit (problème de Cauchy) à calculer la solution u de (E) telle que u et $\frac{du}{d\nu}$ prennent sur une hypersurface donnée S des valeurs données, la surface S étant orientée de manière à couper tout conoïde caractéristique suivant une variété fermée (cas du problème intérieur) et ν désignant la conormale ou transversale à S. Considérons (cf. *Acta*, p. 371) ce problème comme relatif à (E'). La formule (38) (p. 357) du même Mémoire devra dans ces conditions, lorsqu'on y remplacera ν par $\bar{\nu}'$, être modifiée en raison du fait que $\mathcal{G}_1(\bar{\nu}')$ n'est pas nul, savoir par l'addition d'un terme $\underbrace{\int\cdots\int}_{2n_1+1} u\mathcal{G}_1(\bar{\nu}')\,dx_1\ \ldots\ dx_n\,dz = \int\cdots\int\frac{u\psi'}{\sqrt{\Gamma'}}\,dx_1\ \ldots\ dx_n\,dz$ (terme pour lequel l'intervention du symbole $\boxed{}$ n'est pas nécessaire).

Si, maintenant, nous repassons de l'espace à $2n_1+1$ à l'espace à $2n_1$ dimensions, en effectuant l'intégration par rapport à z, nous trouverons évidemment

$$(1)\qquad \pm\frac{\Omega_{n-2}}{2\,C_{n_1-1}}u(a_1,\ \ldots,\ a_n) = H + \pi\underbrace{\int\ldots\int_T}_{2n_1} u\psi'\,dx_1\ldots dx_n,$$

en désignant par H le second membre de la formule (62) (p. 378) du Mémoire des *Acta* et les autres notations étant celles de ce Mémoire (de sorte que le coefficient de u au premier membre est purement numérique).

L'équation (1) *est une équation intégrale de seconde espèce à noyau borné*, admettant sans difficulté l'application des méthodes classiques. Elle appartient même, en raison de la manière dont le domaine d'intégration dépend de $a_1, a_2, \ldots, a_n$, au type de Volterra et en possède les propriétés au point de vue de la convergence.

3. Du même coup se trouve résolue l'équation intégrale équivalente (d'après ce qui précède)

$$(1')\quad (-1)^{n_1}\frac{\Omega_{2n_1-1}}{C_{n_1-1}}u(a_1,\ \ldots,\ a_n) = -\left\lfloor\underbrace{\int\int\ldots\int_{T'}}_{2n_1+1}\bar{\nu}' f\,dx_1\ldots dx_n\,dz\right. + \left\lfloor\underbrace{\int\int\ldots\int_{S'}}_{2n_1}\left(u\frac{d\bar{\nu}'}{d\nu} - \bar{\nu}'\frac{du}{d\nu} - Lu\bar{\nu}'\right)dS'\right. + \int\ldots\int\frac{u\psi'}{\sqrt{\Gamma'}}\,dx_1\,dx_2\ldots dx_n\,dz$$

[formule (38) du Mémoire des *Acta math.*, modifiée par l'addition du dernier terme du second membre].

Cette équation (1') permet d'effectuer ici la synthèse de la solution, pour laquelle les méthodes que j'avais indiquées précédemment ne suffisent plus, et de démontrer, par conséquent, que le *problème de Cauchy est résolu* (au moins pour l'équation à un nombre pair de variables). C'est l'analogue du résultat de M. Hilbert.

Mais il est aisé de passer de là au résultat qui correspond à celui de E.-E. Levi. La solution de (1) s'écrit, par l'emploi des formules classiques, sous forme d'une somme d'intégrales portant respectivement sur les diverses données u_S, $\left(\frac{du}{d\nu}\right)_S f$ et dont une seule est $2n_1^{\text{uple}}$. Le coefficient de f dans cette intégrale $2n_1^{\text{uple}}$ fournit le dernier coefficient V_0 de la solution élémentaire (les autres étant $W_0, \ldots, W_{n_1-2}$).

On peut également former directement V_0 en prenant pour S un conoïde caractéristique. La résolution du problème aux limites correspondant fait connaître V_0 comme il est expliqué à la page 554 du Mémoire cité des *Annales de l'École Normale supérieure*.

Enfin, du cas de $n = 2n_1$, il est aisé de *descendre* à $n = 2n_1 - 1$, de sorte que la question est résolue quel que soit n.

4. Dans les raisonnements qui précèdent, comme dans la solution du problème de Cauchy, telle que MM. Volterra, Tedone, Coulon, d'Adhémar et nous-même l'avons fournie, il est nécessaire de supposer pour les fonctions sur lesquelles on opère, non seulement l'existence des dérivées première et seconde qui figurent dans l'équation, mais celle de dérivées d'ordre croissant avec n et supérieur à 2 dès que n dépasse 6. La forme même des résultats obtenus fait prévoir que cette nécessité n'est pas seulement une conséquence du mode de calcul employé, mais réside dans la nature même des choses. Mais il est aisé de faire ressortir ce fait en toute rigueur. L'examen de la formule (11), (12) du Mémoire de M. Tedone (*Annali di Matematica*, 3e série, 1898, t. 1, p. 5), relative à l'équation

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_n^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} - \cdots - \frac{\partial^2 u}{\partial x_{n_1}^2} = 0, \tag{3}$$

montre immédiatement que son second membre est dérivable $m - 1$ ($n - 2 = 2n_1 - 2$ dans notre notation) fois par rapport à la variable $t' (= x_n)$, une conclusion semblable s'appliquant aisément à la formule suivante (12) (cas de n impair) : autrement dit, si la solution existe, les dérivations qui figurent aux formules (13), (1) (*Ibid.*, p. 6) ont certainement un sens.

Si, en particulier (p. 12 et suiv. du Mémoire de M. Tedone), on suppose

que l'hypersurface S se réduit à $x_n = 0$, les formules (22), (23) (Tedone, p. 13) montrent que la valeur moyenne de u sur l'hypersphère

$$(x_1 - a_1)^2 + \ldots + x_{n-1} - a_{n-1})^2 = r^2$$

est nécessairement dérivable $p+1$ (c'est-à-dire n_1) fois par rapport à r : de sorte que, pour l'équation (3), le problème de Cauchy défini par

$$\begin{cases} u(x_1, \ldots, x_{n-1}, 0) = g\left(\sqrt{(x_1 - a_1)^2 + \ldots + (x_{n-1} - a_{n-1})^2}\right) \\ \dfrac{\partial u}{\partial x_n}(x_1, \ldots, x_{n-1}, 0) = 0 \end{cases}$$

est certainement impossible si la fonction g ne possède pas des dérivées jusqu'à l'ordre n_1.

GÉOLOGIE. — *La limite entre le Crétacé et l'Éocène, en Aquitaine, aux Indes et au Soudan.* Note de M. H. **Douvillé.**

La limite entre ces deux formations est très nette dans le bassin parisien, par suite des mouvements tectoniques qui se sont produits à cette époque; il en est résulté une lacune dans la sédimentation et un changement considérable dans le faciès des dépôts. Il en est tout autrement dans la région prépyrénéenne : les mouvements tectoniques y ont produit une accentuation des anticlinaux et des synclinaux, on observe par suite des lacunes plus ou moins importantes sur les anticlinaux, tandis que la sédimentation restait continue dans les synclinaux. La transition entre les deux formations s'effectue là sans changements notables dans le faciès, et il était nécessaire de préciser leur limite. Les géologues sont généralement d'accord pour la fixer dans les Pyrénées centrales au-dessus du banc à *Operculina Heberti*. M. Lambert, dont la haute compétence en Échinologie est bien connue, a étudié en détail cette limite (1), il a fait voir qu'elle était caractérisée par l'apparition du genre *Plesiolampas* (*Oriolampas*, Mun.-Chalmas) et par la disparition des genres essentiellement crétacés, *Micraster*, *Echinocorys*, *Cyclaster*, *Hemiaster*, etc.

Jacquot et Munier-Chalmas (2) avaient montré que *Plesiolampas* se montrait avec *Num. planulatus* à la base de l'Éocène de la Chalosse, et j'ai fait

---

(1) Note *Sur quelques Échinides de la Haute-Garonne* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. 8, 15 juin 1908, p. 370).

(2) *Comptes rendus*, 31 mai 1886.

voir que ce dernier fossile se montrait dès le commencement de l'Éocène inférieur. Si donc *Plesiolampas* apparaît dès le Montien, d'après M. Lambert, il a continué à exister dans l'Éocène inférieur; j'ajouterai qu'en Aquitaine *N. planulatus* est associé à un autre Foraminifère *Operculina canalifera* qui remplace à ce niveau l'*Op. Heberti* du sommet du Crétacé.

Nous allons retrouver dans le bassin de l'Indus une coupe analogue; elle a été donnée il y a quelques années par M. Vredenburg (1), son intérêt est grand, bien que la série marine n'y soit pas tout à fait complète. Au-dessus du Maëstrichtien marin à *Cardita Beaumonti*, viennent se placer le trap du Décan, puis les couches inférieures du Ranikot, fluviatiles et rappelant tout à fait le Garumnien des Pyrénées.

Au-dessus reparaissent les couches marines, c'est le Ranikot supérieur, dont les Echinides ont été particulièrement étudiés par Duncan et Sladen; ils distinguent, de bas en haut, quatre zones : I, zone à *Calyptrophorus indicus;* II, zone à *Operculines;* III, zone à *Assilina miscella;* IV, zone à *Num. planulatus*. Cinq espèces de *Plesiolampas* sont signalées dans ces couches : trois apparaissent dans la zone III, deux persistent dans la zone IV où elles sont associées à deux espèces nouvelles.

Ces couches sont surmontées par le système du Laki, avec des calcaires à *Alvéolines* et des marnes à N. *atacicus* et *Assilina granulosa;* c'est encore de l'Eocène inférieur; c'est à ce niveau que d'Archiac signale *Operculina canalifera*.

Au Nord, dans le Tibet, la série marine paraît complète; Hayden (2) y a distingué, de bas en haut :

Couches 8, 9, 10	Maëstrichtien
» 11	Grès ferrugineux
» 12	Calcaires à Gastropodes
» 13	Calcaires à Operculines
» 14	Calcschistes à Spondyles
» 15	Calcaires à Orbitoïdes et Alvéolines

J'ai moi-même pu étudier la faune de ces couches (3); tandis que Hayden faisait commencer l'Eocène avec la couche 12 (calc. à Gastropodes), j'étais frappé au contraire du caractère particulier de la faune de ces couches et

(1) *Introductory note on the Stratigraphy of the Ranikot series* (*Pal. ind.*, new series, vol. 3, 1909, n° 1).

(2) *The Geology of the Provinces of Tsang and U, in central Tibet* (*Mém. Geol. surv. India*, t. 36, Part. 3, 1907).

(3) *Le Crétacé et l'Eocène du Tibet central* (*Pal. indica*, new series, t. 5, n° 3, 1916).

des analogies qu'elles présentaient avec le Maëstrichtien, *Nautile* de type ancien, grands *Campaniles*, grandes *Ovules* et *Orbitoïdes* du genre crétacé *Lepidorbitoides*. Pour cette raison, je plaçais dans le Danien toutes les couches (11 à 14) situées au-dessous des assises à *Alvéolines* et *Orbitolites*.

Depuis j'ai pu étudier d'assez nombreux fossiles recueillis au Soudan et au Sénégal, et j'ai pu reconnaître que ces régions constituaient à l'époque éocène une province zoologique distincte de la province européenne, avec faune particulière se rattachant plutôt à l'Egypte et aux Indes. Comment appliquer à cet ensemble la limite établie dans la région méditerranéenne?

Si l'on compare la coupe du Tibet avec celle du bassin de l'Indus, on voit tout d'abord que la couche 12, où j'ai cité *Operculina canalifera* et *Siderolites miscella* correspond précisément aux zones II et III du Ranikot supérieur, c'est-à-dire à l'époque d'apparition des *Plesiolampas*, au Montien de M. Lambert. L'assise 14, calcschistes à Spondyles, viendrait alors se paralléliser à la zone IV à *N. planulatus* et serait, en effet, surmontée directement par les calcaires à *Alvéolines*, prolongement de ceux du Laki. Le parallélisme se trouve ainsi établi d'une manière qui paraît réunir toutes les probabilités. On voit que les couches 11 à 12, antérieures à l'apparition des *Plesiolampas*, restent seules pour représenter le Danien avec *Nautilus pseudo-bouchardi*, *Gosavia salsensis*, *Gisortia depressa* et *Campanile* cf. *breve*. Il en résulte que, si Hayden avait placé trop bas la limite de l'Éocène, je l'avais moi-même fait remonter trop haut; la vérité semble bien se trouver, entre les deux solutions.

Soudan. — Les premiers fossiles (*Plesiolampas*, *Naut.* cf. *Lamarcki*) ont été apportés en 1903 par le cap. Gaden, et attribués au Lutétien ([1]). Des récoltes plus importantes ont été faites peu après par la mission Moll-Elliot : Bather ([2]) décrit *Ples. Saharæ* et *Linthia sudanensis* (sub *Hemiaster*); Bullen Newton (1905) ([3]) décrit également une série de fossiles provenant de Garadoumi et de Tamaské, *Ostrea rarilamella*, *Lopha* cf. *Martinsi*, *Vulsella nigeriensis*, *Rostellaria* cf. *goniophora*, *Voluta cithara*, *Turritella* cf. *ægyptiaca*, etc.). De Lapparent avait signalé un peu avant ([4]) d'après mes déterminations *Naut.* cf. *Lamarcki*. *Gisortia* cf. *depressa*, *Corbula harpa*, *Velates Schmiedeli*, *Operculina canalifera*, *Mesalia* cf. *fasciata*. Tous ces fossiles sont attribués au Lutétien. Je laisse de côté les grandes Huîtres du groupe

---

([1]) De Lapparent, *Comptes rendus*, t. 136, 1903, p. 1118.

([2]) *Geol. mag.*, n. s., déc. V, vol. 1, juillet 1904, p. 290.

([3]) *Ann. mag. nat. hist.*, janvier 1905.

([4]) *Comptes rendus*, t. 139, 1904, p. 1186.

de l'*O. longirostris* et les blocs de latérite fossilifère attribués à un niveau plus élevé. Tous ces échantillons proviennent d'une région bien délimitée qui s'étend sur 200^{km} environ, de Garadoumi à Gamé, Tamaské et Tahoua. D'après les coupes relevées par Chudeau et par Garde, la couche fossilifère est constituée par 40^{m} environ de calcaires et de marnes, surmontant des argiles bariolées et recouverts par des argiles feuilletées gypsifères et des sables argileux.

Plus tard on a reconnu le prolongement de ces couches vers le Nord-Ouest à Anou Melloum ([1]) près Gao (capt. Arnaud), dans la direction du Tilemsi (Tabankort) et de Mabrouk, tandis que vers le Nord, le capitaine Cortier signalait une couche de calcaires à Alvéolines en bordure de l'Oued Azouak ([2]).

Dans son Ouvrage si important sur le Soudan, en 1909, Chudeau rangeait encore cette formation dans l'Eocène. Mais l'année suivante, à la suite d'une nouvelle exploration, M. Garde annonce qu'il a trouvé dans tous les gisements *Cardita Beaumonti*, caractéristique du Danien, et il en conclut que ces couches sont plus anciennes que l'Eocène; leur faune était certainement bien différente des faunes éocéniques connues jusque-là, et pour cette raison j'ai appuyé cette conclusion. M. Lemoine signalait de son côté *Linthia sudanensis* dans le Crétacé supérieur du sud de l'Algérie. L'âge des calcaires soudanais se trouvait ainsi remis en question; il devenait nécessaire de reprendre l'examen de leur faune, encore très incomplètement étudiée. D'un autre côté, les recherches poursuivies au Sénégal venaient apporter de nouveaux éléments de comparaison, et montraient qu'il existait dans cette région, à l'époque nummulitique, une faune assez notablement différente de celle que nous connaissions en Europe; elle constituait une province zoologique distincte, devant être rattachée plutôt à l'Égypte et à l'Inde.

Tout d'abord la *Cardita* attribuée par M. Garde à *C. Beaumonti* était-elle bien d'une détermination certaine? C'est très douteux, sans doute elle présente des cotes tripartites, mais ce caractère se rencontre dans un grand nombre d'espèces, aussi bien tertiaires que crétacées, et les fossiles du Soudan, représentés le plus souvent par des moules incomplets, se rapprocheraient bien plus de l'espèce de l'Eocène inférieur de Guelma attribuée

([1]) P. Lemoine, *Sur quelques fossiles du Tilemsi* (*Bull. Soc. philom.*, 1909, p. 101-109, pl. II).

([2]) Capt. Cortier et P. Lemoine, *Quelques données sur la géologie du Sahara et du Soudan* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. 9, 1909, p. 407).

probablement à tort par Dareste de la Chavanne à *C. ægyptiaca* que de la *C. Beaumonti* typique de l'Inde, dont j'ai sous les yeux un grand nombre d'échantillons. Il est impossible de trouver là une raison suffisante pour placer dans le Crétacé les calcaires du Soudan.

Examinons de plus près la faune de ces calcaires : ils présentent à la base des couches à *Plesiolampas* et à *Operculina canalifera*, et nous venons de voir que ces fossiles sont caractéristiques de l'Éocène inférieur dans l'Aquitaine, comme aux Indes. Au-dessus viennent des couches à grands mollusques, dont les plus caractéristiques viennent d'être retrouvés dans l'Éocène du Sénégal : 1° *Ostrea rarilamella*, de Tamaské, associé à Mayayes (Sénégal) avec *Num. Heeri;* 2° grands Gastropodes à forme de *Fulgur*, mais présentant trois forts plis à la columelle et rappelant tout à fait par leur forme les *Heligmotoma* d'Égypte et d'Algérie, décrits cependant comme dépourvus de plis; la même espèce a été retrouvée au Sénégal avec *N. Heeri* et les *Carolia;* 3° grands *Gisortia* très courts, aussi larges que longs retrouvés à Meomeo (Sénégal) dans les mêmes couches à *Carolia* et à *Echinolampas anceps;* 4° un grand *Nautilus* à section arrondie dans le jeune et dans l'adulte, mais ogivale et tranchante dans l'âge moyen; recueilli au Soudan par le capitaine Cortier, il est assez fréquent au Sénégal dans les couches à Nummulites. Le parallélisme des deux formations ne semble donc pas douteux.

D'autres éléments de la même faune conduisent à une conclusion analogue : la mission Moll a recueilli un *Chenopus* qu'il semble impossible de distinguer du *Ch.* (*Maussenetia*) *dimorphospira* de l'Éocène inférieur de l'Inde, et ce groupe semble en Europe spécial à ce niveau; elle a recueilli également une de ces curieuses Turbinelles à plis nombreux rappelant les Volutes multidentées de l'Inde. Le *Cer. rude*, déjà cité par Garde est une espèce de l'Éocène de Cutch; *Corbula harpa* est également un type indien. M. Chudeau m'a communiqué des échantillons d'*Ostrea multicostata* recueillis à Asslar avec un grand *Naut.* cf. *Lamarcki.* Enfin les grandes Gryphées littorales de Tamaské paraissent devoir être rapportées à *O. recta*, Opp. du Mokattam supérieur : elles indiquent le retrait de la mer à l'époque de l'Auversien. Enfin la forme un peu spéciale de l'*Heligomopsis nigeriensis* (sub *Vulsella*) n'est pas tout à fait isolée à l'époque éocène, Oppenheim ayant décrit en Égypte une espèce à valves également plissées, *V. Zitelli.*

Toutes ces observations sont bien concordantes, il en résulte que les couches du Soudan doivent être considérées comme représentant au moins l'Éocène inférieur à *Plesiolampas*, et l'Éocène moyen du Sénégal à *Echino-*

lampas et *Carolia*. Elles paraissent succéder régulièrement et en continuité au Crétacé supérieur caractérisé par *Roudaireia Drui* et des *Ostrea* du groupe des *O. Nicaisei* et *Pomeli* (¹).

GÉOLOGIE. — *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires*. Note (²) de M. **Ch. Depéret.**

J'arrive à l'étude des lignes de rivage quaternaires dans les régions du nord de l'Europe, caractérisées par l'invasion répétée de grandes nappes de glace ou *inlandsis* qui, rayonnant des montagnes scandinaves et écossaises, se sont avancées, en comblant les bassins de la mer d'Irlande, de la mer du Nord et de la Baltique, pour s'étaler sur les Iles Britanniques, les plaines allemandes et la plate-forme polonaise et russe.

De toute évidence, la mer ne pouvait pénétrer dans ces régions, alors qu'elles étaient occupées par des masses de glaces de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur; et c'est seulement dans les intervalles des glaciations qu'elle pouvait revenir et former des dépôts qui méritent ainsi d'être qualifiés d'*interglaciaires*.

Il est également évident que l'arrivée de chacun de ces glaciers a dû être une cause d'érosion et même de *destruction* plus ou moins complète des dépôts marins de la phase interglaciaire précédente.

Ces causes de perturbation rendent plus difficile la comparaison des étages quaternaires marins du nord de l'Europe avec ceux que j'ai précédemment analysés dans les régions non glaciaires, et cela d'autant plus que, au moins dans certaines contrées (Scandinavie, Finlande), des exhaussements du sol semblent, d'un avis unanime, avoir affecté des dépôts marins d'âge extrêmement récent et les avoir relevés à des altitudes anormales.

En m'appuyant sur la corrélation que j'ai essayé d'établir (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 868) entre les glaciations du nord de l'Europe et celles des Alpes, je puis tenter de fixer *théoriquement* l'altitude que devait avoir la ligne de rivage à chacune des *quatre périodes* glaciaires : la première période (*Scanien-Günzien*) répond dans les Alpes à des terrasses de 90^m-100^m d'altitude relative et par voie de conséquence logique à la ligne de rivage de 90^m-100^m *Sicilienne*. La deuxième période (maximum d'extension, *Saxonien-Mindélien*) répond à la terrasse de 55^m-60^m, c'est-à-dire à la ligne de

(¹) Lemoine, *loc. cit.* (Tilemsi).

(²) Séance du 5 janvier 1920.

rivage *Milazzienne*. La troisième période (*Polandien-Rissien*) répond à la terrasse et à la ligne de rivage de 30^m-35^m ou *Tyrrhénienne*. Enfin la quatrième période (*Mecklenbourgien-Würmien*) répond à la terrasse et à la ligne de rivage de 15^m-20^m ou *Monastirienne*.

Examinons les dépôts marins qui, dans le nord de l'Europe, peuvent être attribués à chacun de ces quatre étages.

Etage Sicilien [*Cromérien* (¹) des géologues anglais]. — Dans les *Iles Britanniques*, il n'y a point de dépôts glaciaires d'âge Scanien et le début du Quaternaire peut être fixé paléontologiquement, sur la côte du Norfolk, entre le *Crag pliocene de Weybourn* et le *Forest-bed* quaternaire de Cromer.

Le *Forest-bed* (²) est une formation d'estuaire comprenant une assise fluvio-marine intercalée entre deux couches d'eau douce. L'assise moyenne ou Forest-bed proprement dit a été longtemps regardée comme un sol de forêt en place; mais Cl. Reid a montré qu'il s'agit de troncs et de racines flottés et charriés dans un estuaire. Les coquilles marines du Forest-bed sont des formes actuelles des plages de la mer du Nord : *Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Donax vittatus*, *Tellina balthica*, *Mya truncata*, *Purpura lapillus*, *Littorina littorea*. Cependant on y a recueilli à Overstrand, à Mundesley et à Runton une espèce arctique, *Scalaria groënlandica*, qui indique l'arrivée de courants boréaux, malgré le caractère général très tempéré de la faune de Mollusques et de Vertébrés.

Au point de vue altimétrique, le Forest-bed affleure soit au-dessous, soit au niveau du rivage actuel, et sa partie supérieure ne s'élève qu'à quelques mètres au-dessus du niveau moyen de la mer. Nous devons donc le regarder comme indiquant une *phase de régression* importante du début du Sicilien.

Mais aussitôt après le Forest-bed, la *transgression marine* s'accuse; la mer devient profonde, et il s'y dépose des argiles et des sables argileux fins contenant, avec la plupart des espèces du Forest-bed, plusieurs coquilles arctiques, telles que *Yoldia myalis* et *Astarte borealis*, avec leurs valves unies, et *ayant vécu en place sur ce point*. Le sommet de l'assise à *Yoldia myalis* s'élève au maximum (East Runton, Beeston) à 10^m au-dessus du niveau moyen; mais il est certain que ce chiffre est fort loin de représenter

(¹) Le nom de *Cromérien* tiré d'un dépôt d'estuaire, ne peut être conservé, comme contraire à la règle de désignation des étages géologiques par les dépôts franchement marins.

(²) Cl. Reid, *The Geology of the country around Cromer*, 1882 (*Memoirs geol. Survey England and Wales*).

l'altitude de la ligne de rivage correspondante : d'une part, en effet, l'assise est incomplète au sommet qui est profondément raviné par le *Boulder-clay* sus-jacent; d'autre part, il s'agit là d'un dépôt vaseux de mer profonde, car les *Yoldia* de ce type peuvent descendre à des profondeurs de 300^m. S'il est donc difficile de *préciser* l'altitude de la ligne de rivage en ce point, du moins rien ne s'oppose à ce qu'elle ait pu atteindre l'altitude normale du Sicilien, soit une centaine de mètres.

Le caractère de la faune confirme l'attribution du Forest-bed et de la couche à *Yoldia myalis* au Sicilien. On sait que, dans la Méditerranée, cet étage est caractérisé par l'introduction de quelques espèces du Nord amenées par des courants froids atlantiques. De même, sur la côte du Norfolk, à côté d'un ensemble faunique analogue à celui de la Mer du Nord, on observe quelques espèces arctiques amenées aussi par des courants de profondeur venus de l'Océan Glacial. Il y a là une analogie tout à fait frappante.

Il ne paraît exister, dans les Iles Britanniques, aucun autre dépôt fossilifère *en place* que l'on puisse rapporter au Sicilien. Mais on doit sans doute lui attribuer les blocs anguleux d'argiles et de sables marins intercalés à l'*état erratique* dans *l'argile de base du Boulder-clay inférieur* de la côte du Holderness (Yorkshire). Lamplugh (¹) et Cl. Reid (²) nous ont fait connaître ces curieux blocs fossilifères sous le nom de *Crag de Bridlington*, et les considèrent comme entraînés par le glacier du fond de la Mer du Nord à des profondeurs de 50^m à 80^m. La faune (plus de 100 espèces) comprend 87 pour 100 de coquilles arctiques actuelles, telles que : *Astarte borealis*, *Cardita borealis*, *Cardium groënlandicum*, *Leda pernula*, *Mya uddevalensis*, *Pecten islandicus*, *Tellina calcarea*, *Buccinum groënlandicum*, *Fusus spitzbergensis*, *Scalaria groënlandica*, *Trichotropis borealis*, *Trophon clathratus*, etc. Au dire de Gwyn Jeffreys, cette faune est *plus arctique que celle de tout autre dépôt anglais pliocène ou quaternaire* et ce caractère s'accorde avec son âge Sicilien.

Quant à la ligne de rivage sicilienne en Angleterre, bien qu'il soit difficile d'en affirmer nettement l'altitude, il me paraît assez vraisemblable de considérer comme des indications de cette ligne les *plateformes littorales*

(¹) LAMPLUGH, *On the Bridlington and Dimlington glacial shell-beds* (*Geological Magazine*, t. VIII, 1881, p. 535).

(²) CL. REID, *The Geology of Holderness* (*Memoirs geol. Survey England and Wales*, 1885).

signalées sur quelques points des côtes anglaises, notamment celle que J. Geikie (¹) décrit sous le Drift glaciaire de Ballantra (Ayrshire) à l'altitude de 83^m, et surtout la ligne de rivage très nette, avec rochers en encorbellement et grottes remplies de galets marins, que Miss Eyton (²) a signalée, entre 70^m et 100^m d'altitude, sur la côte nord du Pays de Galles, autour du cap Orme's Head.

Sur la *côte orientale de la mer du Nord* et sur les *côtes baltiques allemandes*, on retrouve l'étage Sicilien avec des caractères semblables à ceux de l'est de l'Angleterre, mais avec cette différence qu'ici il recouvre en quelques rares points (sondages de Hambourg, Esbyerg sur la côte occidentale du Jutland, Elbing et Marienwerder sur la basse Vistule) une moraine de fond d'âge *Scanien-Günzien*, et qu'il occupe ainsi une position *interglaciaire*, puisqu'il est recouvert à son tour par la moraine de fond du maximum d'extension *Saxonien-Mindélien*.

Ces dépôts siciliens comprennent parfois à leur base des couches d'eau douce ligniteuses ou tourbeuses (lambeaux erratiques du port de Copenhague, Lauenburg sur l'Elbe, Elbing et Vogelsang sur la Vistule) qui sont analogues au Forest-bed anglais et indiquent comme lui une phase régressive du début de l'étage. Puis la transgression marine intervient et donne lieu à des dépôts marins argileux et sableux que l'on peut désigner du nom général de *couches à Yoldia arctica*. Cette géographie marine a été précisée dans la carte de Geinitz (³) : la mer envahit une large bande sur la côte occidentale du Jutland, pénètre en un golfe étroit dans la vallée de l'Elbe jusqu'à près de 200^{km} de l'embouchure; elle traverse le Holstein, selon Gottsche, par deux bras de mer faisant communiquer la mer du Nord avec la Baltique, où se dessine un large golfe dans la basse Vistule jusqu'au delà de Graudenz.

Comme dans le Norfolk, la faune comprend un mélange d'espèces tempérées (*Buccinum undatum*, *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*, *Cardium echinatum*, *Tellina balthica*, *Saxicava rugosa*), d'espèces boréales (*Natica groënlandica*, *Leda pernula*, *Cyprina islandica*) et de quelques formes arctiques (*Yoldia arctica*, *Tellina calcarea*, *Artarte borealis*, *Pandora glacialis*), ces dernières spécialement fréquentes dans les argiles fines de faciès profond, et ayant

(¹) J. GEIKIE, *The great Ice age*, p. 166.

(²) Miss EYTON, *On an ancient coast-line in North Wales* (*Geolog. Magazine*, t. III, 1866, p. 289).

(³) GEINITZ, *Karte de deutschen Quartärs* (*Lethæa geognostica*, III. Theil 2. Band. Quartär, 1904).

vécu sur place avec les valves associées. On ne saurait douter de l'intervention de courants arctiques de profondeur sur ces points.

Au point de vue altimétrique, les argiles à *Yoldia* se présentent d'une manière très variable : tantôt au-dessous du niveau de la mer actuelle (à Hambourg —13^m et —42^m; à Marienbourg et Dirschau dans la basse Vistule —6^m et —36^m); tantôt s'élevant plus ou moins haut : + 10 à Burg dans le Dittmark, + 27 à Hostrup (Jutland), + 47 à Elbing, atteignant 80^m,5 (banc d'huîtres du Grimmelsberg près Tarbeck entre l'Elbe et Kiel), et enfin jusqu'aux environs de 100^m à Neudeck près Freystadt (Prusse occidentale). Ces différences considérables peuvent être interprétées *sans qu'il soit besoin de faire intervenir le moindre mouvement du sol*, en admettant que ces dépôts se sont formés sur un fond de mer très inégal, profond de plus de 150^m en quelques points et dont la ligne de rivage atteignait l'altitude de près de 100^m. Il faut remarquer à l'appui de cette manière de voir que c'est dans les dépôts vaseux de faciès le plus profond que se montrent les espèces arctiques, tandis que les dépôts les plus élevés ne contiennent qu'une faune littorale de climat tempéré (banc d'huîtres de Tarbeck, faune tempérée de Neudeck). On ne peut s'empêcher de constater une analogie frappante avec le golfe sicilien de Palerme où les dépôts à faune froide de Ficarazzi, que l'on observe au niveau du rivage actuel, se sont formés sous une tranche d'eau de 100^m, alors que les dépôts calcaires de Monte Pellegrino se constituaient en même temps près de la ligne de rivage sicilienne.

Dans les contrées de l'extrême nord de l'Europe (massif finno-scandinave) on n'a signalé aucun dépôt comparable à ceux qui viennent d'être décrits. Il est probable que, dès le Sicilien, ces contrées étaient recouvertes d'épaisses masses de glace s'opposant à l'arrivée de la mer sur ces côtes.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie du fascicule 5 du tome II de la *Flore générale de l'Indo-Chine,* publiée sous sa direction. *Légumineuses : Papilionées* (fin), par F. Gagnepain; *Rosacées*, par J. Cardot.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Résumé des principaux travaux exécutés pendant la guerre au Laboratoire aérodynamique Eiffel* (1915-1918), par G. Eiffel. (Présenté par M. Fournier.)

2° *Le crâne et ses rapports avec la taille, la grande envergure, le buste, le pied chez les criminels*, par M. CHARLES PERRIER.

3° *Le Callovien du Chalet, commune de Montreuil-Bellay* (Maine-et-Loire), accompagné d'un atlas de 18 planches in-4°, par M. OLIVIER COUFFON. (Présenté par M. Haug.)

4° *L'équilibre des substances hétérogènes*, par WILLARD GIBBS, traduit par GEORGES MATISSE.

M. **FRÉDÉRIC ROMAN** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une famille de fonctions multiformes associées à une équation différentielle du premier ordre*. Note de M. **PIERRE BOUTROUX.**

Dans de précédentes Notes ([1]), j'ai considéré les fonctions définies par l'équation différentielle

$$zz' = 3mz + 2x^3 + bx + c, \tag{1}$$

et, envisageant pour commencer le cas où b est nul et $|m|$ petit par rapport à $|c|$, j'ai indiqué : 1° comment l'étude des fonctions z dans tout leur domaine d'existence dépend d'un groupe discontinu de substitutions obtenues en calculant l'intégrale $\int z\,dx$ le long d'un contour fermé enveloppant un nombre pair de points critiques de la branche z intégrée; 2° comment le groupe en question peut être engendré au moyen d'un nombre limité de branches de fonctions substitutrices présentant un nombre limité de points singuliers.

Les branches de fonctions substitutrices ainsi utilisées peuvent être choisies d'un grand nombre de manières. J'indique dans la présente Note une solution particulièrement simple du problème en m'attachant, pour fixer les idées, à l'équation

$$zz' = 3mz + 2(x^3 - 1), \tag{2}$$

où m est réel négatif et de petit module.

Considérons les branches z de la « première famille », qui, au voisinage

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1150 et 1307; t. 169, 1919, p. 635.

de l'infini, sont de la forme $x^2 + mx +$ *développement en puissances de* x^{-1} et $(q + \eta_1 \log x)x^{-2}$, où $\eta_1 = 6m(m^3 - 1)$, et où q est le paramètre d'intégration (que j'ai appelé ailleurs C).

Pour $m = q = 0$, la fonction z présente *quatre* points critiques, $x_1 = 0$, $x_2 = e^{-\frac{2i\pi}{3}}\sqrt[3]{4}$, $x_3 = \sqrt[3]{4}$, $x_4 = e^{\frac{2i\pi}{3}}\sqrt[3]{4}$. A partir d'un point $\bar{x}$ rejeté à l'infini sur l'axe réel négatif, décrivons un circuit fermé Γ_1 de sens négatif enveloppant x_1 et x_2 et un circuit fermé Γ_2 de sens positif enveloppant x_1 et x_4. Les mêmes circuits définissent, pour $|m|$ et $|q|$ petits, deux fonctions de q,

$$(3) \qquad \psi_1(q) = q + 3m\int_{\Gamma_1} z\,dx; \qquad \psi_2(q) = q + 3m\int_{\Gamma_2} z\,dx.$$

Suivons ces mêmes fonctions en laissant m fixe et faisant varier q dans tout le plan à partir de o, d'abord en ligne droite. L'étude résumée dans mes Notes antérieures montre que, pour une telle variation de q, on ne rencontrera que *deux* singularités de ψ_1 $\left(\text{savoir (}^1\text{) } q_\alpha \text{ voisin (}^2\text{) de } \frac{3}{2}e^{\frac{2i\pi}{3}} \text{ et } q_\gamma \text{ voisin de } \frac{3}{2}\right)$, *deux* singularités de ψ_2 $\left(\text{savoir } q_\beta \text{ voisin de } \frac{3}{2}e^{-\frac{2i\pi}{3}} \text{ et } q_\gamma\right)$, *deux* singularités de $\psi_1^{(-1)}$ fonction inverse de ψ_1 (savoir q_α^1 voisin de q_α et q_γ^1 voisin de q_γ), *deux* singularités de $\psi_2^{(-1)}$ (savoir q_β^2 voisin de q_β et q_γ^2 voisin de q_γ). Le point q_γ est réel positif, tandis que q_α et q_β, q_α^1 et q_β^2, q_γ^2 et q_γ^1 sont deux à deux imaginaires conjugués. Plus précisément on a $q_\gamma^2 - q_\gamma^1 = 2i\pi\eta_1$ (q_γ^2 est au-dessus de l'axe réel).

Appelons $oq_\gamma\infty$ le demi-axe positif réel du plan q et $o_1q_\gamma^1\infty$, $o_2q_\gamma^2\infty$, ses transformées par les substitutions

$$[q, \psi_1(q)], \quad [q, \psi_2],$$

suivies comme il a été dit à partir de $q = 0$. Traçons d'autre part les segments oq_α, oq_β, que les mêmes substitutions transforment respectivement en $o_1q_\alpha^1$ et o_2q_α, o_1q_β et $o_2q_\beta^2$. Si $|m|$ est petit, nous sommes sûrs que les lignes $o_2q_\gamma^2\infty$ et o_2q_α, approximativement rectilignes, sont tout entières au-dessus de l'axe réel et ne se coupent ni elles-mêmes, ni entre elles; elles

(1) Les points q affectés respectivement des indices α, β, γ sont ceux pour lesquels le contour d'intégration Γ traverse $x = e^{\frac{2i\pi}{3}}$, $x = e^{-\frac{2i\pi}{3}}$, $x = 1$.

(2) Si $|m|$ est petit. Nous avons supposé $|m|$ petit dans le présent exemple pour pouvoir déterminer facilement la situation approximative des lignes définies ci-dessus.

sont symétriques de $o_1 q_\gamma^1 \infty$ et $o_1 q_\beta$ par rapport à l'axe réel; $o_1 q_\alpha^1$ et $o_2 q_\beta^2$ sont également symétriques et voisines de droites. — Cela posé, appelons F_{-1}, F_{-2} les champs obtenus en coupant le plan q respectivement par les coupures $\infty q_\gamma^1 o_1 q_\alpha^1$ et $\infty q_\gamma^2 o_2 q_\beta^2$; appelons F_1 et F_2 les champs extérieurs aux lignes fermées $\infty o q_\alpha o_2 q_\gamma^2 \infty$ et $\infty o q_\beta o_1 q_\gamma^1 \infty$; et considérons les fonctions ψ_1, ψ_2, $\psi_1^{(-1)}$, $\psi_2^{(-1)}$ respectivement dans les champs F_1, F_2 : j'ai ainsi, de chacune d'elles, un *élément holomorphe* que je désignerai par $\hat{\psi}_1, \ldots, \hat{\psi}_2^{(-1)}$. J'appellerai enfin $(S_1), \ldots, (S_1^{-1})$ les substitutions $[q, \hat{\psi}_1], \ldots, [q, \hat{\psi}_2^{(-1)}]$, définies *univoquement* dans les champs indiqués. (S_1) transforme le champ F_1 en F_{-1}, et (S_2) transforme F_2 en F_{-2}.

Adjoignons, d'autre part, aux substitutions ainsi définies la substitution $(S_3) = [q, q + 2i\pi\eta_1]$, univoque pour tout q ainsi que son inverse. Il résulte de notre étude que *toutes les valeurs de q attachées à une même fonction $z(x)$ (et, par conséquent, toutes les substitutions du groupe que nous avons en vue) peuvent être obtenues par multiplication* (¹) *des substitutions* (S_1), (S_2), (S_3) *et de leurs inverses (envisagées exclusivement dans les champs indiqués).*

(S_1^{-1}) et (S_2^{-1}) sont définies pour tout q, mais non (S_1) et (S_2). Qu'arrive-t-il donc si, faisant varier q d'une manière continue, nous entrons dans la région A intérieure à la frontière de F_1? Nous constatons que, si nous franchissons la ligne $q_\gamma o q_\alpha$, (S_1) se change en $(S_2 S_1)$, produit défini pour nous, car (S_2) opérée sur un point de A nous fait sortir de A; si nous franchissons $q_\gamma \infty$, (S_1) se change en $(S_2 S_3^{-1})$; si nous franchissons $q_\alpha o_2 q_\gamma^2$, (S_1) se change en $(S_2^{-1} S_1)$; si nous franchissons $q_\gamma^2 \infty$, (S_1) se change en (S_2^{-1}). Les nouvelles substitutions sont toutes définies si l'on part d'un point de A. — On aura des transformations semblables si l'on fait franchir à q une ou plusieurs frontières quelconques des champs $F_2, \ldots, F_{-2}$: *toute substitution affectée se transformera en une nouvelle combinaison des substitutions fondamentales.*

En particulier, il résulte de nos conclusions que *toutes* les déterminations des fonctions ψ (qui sont des fonctions présentant un nombre infini de branches et de singularités) peuvent être obtenues en formant, pour une valeur quelconque de q, des combinaisons de $(S_1), \ldots, (S_3^{-1})$. Ou encore : il suffit de connaître une branche (un élément) de ψ_1, et une de ψ_2, *pour*

(¹) Rappelons que la multiplication de ces substitutions n'est pas commutative.

pouvoir construire la fonction ψ (¹) *tout entière en combinant les branches connues par multiplication des substitutions qu'elles définissent.*

C'est là un automorphisme d'un type nouveau qui est la propriété caractéristique des fonctions substitutrices associées à l'équation (1).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Le théorème de M. Picard et les généralisations de M. Borel.* Note de M. G. VALIRON.

Les nombreuses démonstrations du théorème de M. Picard sur les valeurs que peut prendre une fonction uniforme dans le voisinage d'un point singulier essentiel isolé sont toutes des démonstrations indirectes.

Dans le cas où le point singulier est d'ordre fini, c'est-à-dire où la croissance du maximum du module est celle d'une fonction entière d'ordre fini, on voit de suite comment on peut faire une démonstration directe. Cette démonstration peut s'étendre au cas de l'ordre infini en utilisant la méthode que j'ai indiquée dans deux Notes précédentes (*Comptes rendus*, t. 166, p. 605; t. 167, p. 988).

Considérons une fonction uniforme admettant le point à l'infini pour point essentiel isolé, n'ayant pas de pôles dans le voisinage de ce point, et ne prenant pas la valeur 0, elle est de la forme

$$F(z) = z^k \varphi\left(\frac{1}{z}\right) e^{f(z)}, \tag{1}$$

$\varphi\left(\frac{1}{z}\right)$ étant holomorphe pour z infini, k un entier positif et $f(z)$ une fonction entière; nous supposons que c'est une vraie fonction entière, la méthode se simplifiant dans le cas d'un polynome. Nous allons montrer que l'équation $F(z) = a$ possède, quel que soit a, une infinité de racines dont nous trouverons une valeur approchée.

Soient r une *valeur ordinaire* de $f(z)$ (voir ma première Note), $z_0(|z_0| = z)$ une valeur de z pour laquelle $|f(z)|$ reste supérieur à $\frac{M(r)}{K}$, $M(r)$ étant le maximum de $|f(z)|$ pour $|z| = r$ et K un nombre fixe supérieur à 1.

On peut remplacer l'égalité (2) de ma seconde Note par la suivante :

$$f(z) = \left(\frac{z}{z_0}\right)^n \left[f(z_0) + \frac{z - z_0}{z_0} g(z_0) + \left(\frac{z - z_0}{z_0}\right)^2 R(z)\right], \tag{2}$$

(¹) Envisagées dans tout leur domaine d'existence, les fonctions ψ considérées se réduisent à une seule fonction et à son inverse.

$|g(z_0)|$ étant inférieur à $\mathrm{B\,M}(r)\,n^{\beta}$ et $|\mathrm{R}(z)|$ à $\mathrm{A\,M}(r)\,n^{2\beta}$ lorsque

$$|z - z_0| < \mathrm{C}r n^{-\beta'},$$

β étant un nombre supérieur à $\frac{3}{4}$ et β' à $\frac{1}{2}$, et n désignant toujours le rang du terme maximum de $f(z)$, rang qui croît indéfiniment avec r.

En faisant varier z sur le cercle $|z| = r$ on voit qu'il existe dans le voisinage de z_0 des valeurs pour lesquelles la partie réelle de $\log \mathrm{F}(z)$ est nulle, $|f(z)|$ restant supérieur à $\frac{\mathrm{M}(r)}{\mathrm{K}}$. Ce sont de telles valeurs que j'appellerai désormais z_0.

L'égalité (2) montre de suite que l'inégalité

$$(3) \qquad |z - z_0| < \frac{\mathrm{D}r}{n\,\mathrm{M}(r)},$$

D étant un nombre fixe, entraîne

$$(4) \qquad f(z) = \left(\frac{z}{z_0}\right)^n f(z_0) + \varepsilon(z),$$

$\varepsilon(z)$ tendant vers zéro lorsque r croît indéfiniment; on aura donc aussi sous la condition (3)

$$(5) \qquad \log \mathrm{F}(z) = \left(\frac{z}{z_0}\right)^n f(z_0) + \mathrm{K}_0 + \varepsilon_1(z),$$

la partie réelle de $\log \mathrm{F}(z_0)$ étant nulle, $\varepsilon_1(z)$ tendant vers zéro avec $\frac{1}{r}$ et K_0, qui est la détermination de $k \log z + \log \varphi\left(\frac{1}{z}\right)$ réduite pour $z = z_0$, étant infiniment petite par rapport à $\mathrm{M}(r)$.

Posons $z = \rho e^{i\varphi}$, $z_0 = r e^{i\varphi_0}$ et faisons décrire à z, dans le sens direct, le contour Γ_r de la petite aire délimitée par les cercles

$$|z| = r, \qquad |z| = r - \frac{3\pi r}{n\,\mathrm{M}(r)},$$

et par les demi-droites

$$\varphi = \varphi_0 - \frac{\mathrm{E}}{n\,\mathrm{M}(r)}, \qquad \varphi = \varphi_0 + \frac{\mathrm{E}}{n\,\mathrm{M}(r)} \qquad (\mathrm{E} = 2|\log|a||).$$

Le point $\mathrm{Z} = \log \mathrm{F}(z)$ décrira un contour renfermant à son *intérieur* un ou deux des points

$$\log a + 2\lambda i\pi \qquad (\lambda = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots),$$

et P étant l'un de ces deux points, le rayon PZ tournera de 2π, l'équation $F(z) = a$ aura une ou deux racines comprises dans le contour Γ_r.

Le théorème de M. Picard est donc démontré.

En examinant la question de plus près on met en évidence la présence de $n^{\beta'}.M(r)$ racines entre les cercles de rayons $r \pm \frac{A'r}{n}$ ayant pour centre l'origine, et les droites $\varphi_0 \pm \frac{B'}{n^\beta}$ (A' et B' sont des constantes). On sait d'ailleurs que, r étant valeur ordinaire, il existe une autre valeur ordinaire entre r et $r\left(1 + \frac{1}{n^\gamma}\right)$. Les théorèmes énoncés par M. Montel (*Annales de l'École Normale*, t. 33, p. 253-256) sont ainsi notablement complétés. On a également des renseignements sur les arguments d'une suite de zéros dont l'ordre est comparable à celui de la fonction $F(z)$, ces renseignements sont plus précis que ceux qui découleraient des propositions générales de M. Julia (*Comptes rendus*, 7 notes, 1er semestre 1919).

La même démonstration s'applique lorsqu'on suppose que $F(z)$ a une infinité de zéros formant un produit canonique dont l'ordre est moindre que celui de $F(z)$ (il faut naturellement préciser ce que l'on entend par là). Mais il faudra toujours, comme lorsqu'on suit la marche de M. Borel, utiliser le théorème sur le minimum du module et même dans le cas de l'ordre fini les propriétés de la dérivée logarithmique (*Thèse* de M. Boutroux). L'avantage sera encore de donner des renseignements plus précis sur les modules des zéros de $F(z) = a$, et surtout des renseignements sur les arguments de ces zéros que ne peuvent donner les méthodes indirectes.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la distribution des courbures autour d'un point d'une surface.* Note de M. **M. d'Ocagne**, présentée par M. Appell.

Si l'on appelle *surface de Meusnier* d'un point M d'une surface S la surface cerclée lieu des centres de courbure, répondant à ce point M, de toutes les sections de S passant par ce point, il est connu que l'inverse de la surface de Meusnier, relativement au point M, est un conoïde de Plücker ou cylindroïde. Mais on peut, en outre, remarquer que ce cylindroïde se lie directement lui-même à l'étude de certaines courbures se rattachant à la surface S autour du point M.

Cette remarque découle immédiatement d'une formule que nous avons

rencontrée, il y a vingt-cinq ans, en donnant une démonstration de celle qui fait connaître le rayon de courbure du contour apparent d'une surface projetée orthogonalement sur un plan quelconque, démonstration d'abord parue dans les *Nouvelles Annales de Mathématiques* (1895, p. 262), et introduite depuis lors dans notre *Cours de Géométrie pure et appliquée de l'École Polytechnique* (t. I, p. 189). Cette formule est la suivante (pour laquelle nous croyons devoir conserver les notations employées aux deux endroits cités) :

Faisant passer le plan de projection par le point M de la surface S (et, par suite, par la normale Mz en M à cette surface), appelons MD la trace de ce plan de projection sur le plan tangent en M, r_0 le rayon de courbure en M du contour apparent de S, et r' le rayon de courbure de la section normale de S passant par la génératrice du cylindre projetant, c'est-à-dire par la perpendiculaire MG menée à MD, dans le plan tangent en M. Les rayons de courbure principaux de S en M étant r_1 et r_2, la formule ici rappelée s'écrit

$$r_0 r' = r_1 r_2.$$

On voit que le fait qu'elle traduit peut s'exprimer ainsi : *Les centres de courbure* C′ *des sections normales en* M, *menées par les droites* MG, *forment une involution de centre* M *avec les centres de courbure* C_0 *des contours apparents de la surface projetée orthogonalement sur les plans normaux menés par les droites* MD.

Dès lors, le cercle de Meusnier, décrit sur le rayon r' ou MC′ comme diamètre, dans le plan normal MDz, et la droite menée perpendiculairement à la normale Mz, dans ce même plan normal, par le centre de courbure C_0, sont inverses l'un de l'autre par rapport au point M. Or, si l'on fait tourner cette dernière droite de 90° autour de Mz, on obtient l'axe de courbure du contour apparent dont C_0 est le centre de courbure. Ainsi :

La surface des axes des courbure des contours apparents vient, après une rotation de 90° *autour de la normale* Mz, *se confondre avec l'inverse de la surface de Meusnier par rapport au point* M, *la puissance d'inversion étant égale au produit des rayons de courbure principaux en* M.

Quant au fait que ce lieu des axes de courbure est un cylindroïde, on peut l'établir très simplement comme suit :

Si θ est l'angle de MD avec la première direction principale Mx, on a la formule connue (démontrée notamment aux deux endroits ci-dessus

rappelés)

$$r_0 = r_1 \cos^2\theta + r_2 \sin^2\theta.$$

L'axe de courbure du contour apparent projeté sur le plan normal M D z a donc, par rapport au plan tangent Mxy, une cote z donnée par

$$z = r_1 \cos^2\theta + r_2 \sin^2\theta.$$

Portons l'origine au centre de courbure principal C_2, en remplaçant z par $z + r_2$. Il vient

$$z = (r_1 - r_2) \cos^2\theta,$$

et, par suite, pour l'équation du lieu

$$z = \frac{(r_1 - r_2) x^2}{x^2 + y^2},$$

qui est bien celle d'un cylindroïde d'axe Oz et de plan directeur Oxy, ayant pour hauteur la distance $C_1 C_2$ des deux centres de courbure principaux. On obtient, en effet, immédiatement l'équation du cylindroïde sous cette forme en partant de la définition suivante de cette surface, prise comme point de départ de son étude purement géométrique dans notre *Cours* (t. I, p. 235) : conoïde droit d'axe Oz, de plan directeur Oxy, ayant pour troisième directrice l'intersection d'un cylindre de révolution, tangent à Myz le long de Mz, par un plan mené par My et coupant ce cylindre sur la hauteur $r_1 - r_2$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Les moteurs à explosions pour atmosphères raréfiées.* Note [1] de M. **Jean Villey**, présentée par M. Kœnigs.

L'importance sans cesse croissante des vols à hautes altitudes en aviation (et particulièrement dans l'Aviation militaire) a conduit à étudier des moteurs spécialement adaptés au fonctionnement en atmosphères raréfiées, quitte à les compléter au besoin par des dispositifs accessoires permettant leur utilisation, passagère ou prolongée, au niveau du sol et aux altitudes intermédiaires.

Laissant de côté tous les problèmes relatifs à l'utilisation *sur avions* [2]

---

[1] Séance du 12 janvier 1920.

[2] Propulseurs convenables pour la bonne utilisation d'un couple moteur à variation lente, ou même nulle, en fonction de la densité de l'air extérieur; robustesse et sécurité des dispositifs de limitation aux basses altitudes; etc.

de ces *moteurs spéciaux pour hautes altitudes*, nous envisagerons seulement la question suivante : *Quels gains relatifs peut-on espérer réaliser sur le couple moteur massique à une certaine altitude z en adaptant spécialement le moteur au fonctionnement dans l'atmosphère raréfiée correspondante?*

Il importe, avant tout, pour y répondre, de préciser et de classer les divers procédés par lesquels on peut, en partant d'un certain *moteur normal*, réaliser des moteurs spéciaux pour hautes altitudes.

I. On peut améliorer le rendement thermique de la cylindrée en remplaçant le *coefficient volumétrique de compression* ρ_0 du moteur normal par le plus grand coefficient, soit ρ_z, compatible avec le fonctionnement correct (admission totale sans auto-allumages) à l'altitude z; on obtient ainsi : A, les *moteurs surcomprimés* (¹), et B, les *moteurs à compression variable* (²).

Le coefficient ρ_z est celui qui donne, à l'altitude z, la même pression en fin de compression que le coefficient ρ_0 au sol (l'admission totale étant réalisée dans les deux cas) : il en résulte que la pression d'explosion est la même, par conséquent aussi le taux du travail maximum instantané (si le moteur n'a pas subi d'autre modification qu'une réduction de volume de sa chambre de compression).

II. On peut au contraire, conservant au moteur non seulement les mêmes résistances mécaniques mais aussi son coefficient volumétrique de compression ρ_0, réaliser à l'altitude z une cylindrée de même masse que dans le moteur normal au sol, en utilisant l'un des deux procédés suivants :

1° Augmenter le volume de la cylindrée dans le rapport inverse des densités d_z et d_0 de l'air; on obtiendra ainsi : C, les *moteurs allégés* (³).

2° Forcer artificiellement le remplissage au moyen d'un compresseur, pour réaliser la même densité de cylindrée que dans le moteur au sol; on obtiendra alors : D, les *moteurs suralimentés* (⁴).

(¹) Aux altitudes Z inférieures à z, *limitation d'admission.*

(²) Pour $Z < z$ réduction progressive du coefficient de compression, — soit par déplacement du vilebrequin parallèlement à lui-même, dans le cas d'un moteur fixe à cylindres en ligne, — soit par modification du bras de vilebrequin, dans le cas d'un moteur rotatif (la course, et par conséquent aussi la cylindrée, subissent alors une réduction corrélative).

(³) Pour $Z < z$, limitation d'admission pour que la masse de la cylindrée ne dépasse pas celle obtenue par admission totale à l'altitude z.

(⁴) Pour $Z < z$, action du compresseur réduite pour que la masse de la cylindrée ne dépasse pas celle obtenue par admission totale au sol.

Dans les uns et les autres, les efforts sont les mêmes à l'altitude z que dans le moteur normal fonctionnant au sol; toutefois les couples massiques sont un peu plus faibles que dans celui-ci, du fait des surcharges nécessaires :

Dans les moteurs allégés, l'augmentation des dimensions géométriques des pistons et cylindres nécessite, pour la conservation du même taux de travail, une légère augmentation de poids : pour doubler par exemple le volume des cylindrées d'un moteur normal de 500 HP environ (au sol), il paraît assez légitime d'évaluer cette augmentation à 10 pour 100 de son poids initial.

Pour les moteurs suralimentés, la solution du turbo-compresseur Rateau est particulièrement intéressante, car la surcharge y est relativement faible et la puissance nécessaire est fournie gratuitement par les gaz de l'échappement. La suralimentation totale par turbo-compresseur Rateau a été réalisée pour des altitudes z voisines de 4000^{m}; il semble qu'on puisse espérer l'obtenir prochainement pour une pression barométrique égale à la moitié de celle du sol, c'est-à-dire pour $z = 5300^{m}$ environ, avec une surcharge sensiblement égale à 20 pour 100 du poids du moteur (pour un moteur de 500 HP environ au sol).

III. On peut enfin, sans modifier en rien le moteur normal, compenser partiellement la diminution de *masse* de ses cylindrées, en améliorant leur *qualité* par un enrichissement en oxygène.

Ce procédé ne peut guère être envisagé pratiquement que pour un effort momentané supplémentaire à haute altitude.

Les divers procédés possibles étant ainsi définis, on pourra comparer les couples massiques réalisables, à partir d'un même moteur normal de 500 HP environ, en supposant par exemple les adaptations faites uniformément pour l'altitude $z = 5300^{m}$. Les évaluations indiquées ci-dessus, et les calculs approchés obtenus en assimilant le cycle réel au cycle théorique classique, conduisent à prévoir, à 5300^{m}, les couples massiques indiqués dans le Tableau suivant (en représentant par 2 le couple massique du moteur normal au sol).

Les mêmes calculs donnent d'ailleurs l'évaluation des couples massiques au sol; on les a indiqués dans la seconde colonne, pour compléter les renseignements fournis par ce Tableau.

Types de moteurs.	Couples massiques prévus à 5300m.	Couples massiques prévus au sol.
Moteur normal	1	2
A. Moteur surcomprimé à limitation d'admission (¹)	1,24	1,24
B_1. Moteur à compression variable par translation du vilebrequin (¹)	1,24	2
B_2. Moteur à compression variable par variation corrélative de la course (¹)	1,24	1,62
C. Moteur allégé	1,8	1,8
D_1. Moteur suralimenté par turbo-compresseur	1,66	1,66

Ces résultats ne constituent, bien entendu, que deux des nombreux éléments utiles pour comparer les divers systèmes au point de vue de leur utilisation pratique sur avions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les avantages de la synthèse de l'ammoniac aux pressions très élevées.* Note [2] de M. **Georges Claude**, présentée par M. d'Arsonval.

On sait, par la pratique allemande de la synthèse directe de l'ammoniac, qu'une pression de 200^{atm} suffit à assurer la combinaison pratiquement complète des gaz réagissants. L'emploi de 1000^{atm} au lieu de 200 peut donc sembler irrationnel, puisqu'il augmente le travail de compression, en tenant compte de la diminution croissante de compressibilité, dans le rapport d'à peu près 3,5 à 2,3.

Je me propose d'exposer ici quelques-unes des raisons qui justifient cependant largement ce supplément théorique de dépense, sous réserve, bien entendu, des enseignements qu'une pratique tout entière encore du domaine de l'avenir pourra seule apporter.

D'abord, sous 200^{atm}, la combinaison de 80 à 90 pour 100 des gaz réagissants nécessite leur passage répété un grand nombre de fois sur le catalyseur, avec élimination à chaque passage de l'ammoniac formé, puisqu'on ne combine chaque fois que 10 à 12 pour 100 de ce qui reste.

Sous 1000^{atm}, trois passages peuvent suffire, et le volume des appareils cata-

(¹) En admettant 8,18 comme valeur du coefficient volumétrique maximum ρ_{5300} admissible pour l'altitude $z = 5300^m$. Cette valeur est calculée (d'après le cycle théorique) comme donnant une pression en fin de compression égale à celle obtenue au sol avec le coefficient $\rho_0 = 4,8$ admis pour les moteurs normaux.

(²) Séance du 12 janvier 1920.

lyseurs, à production égale, se trouve réduit bien plus que dans le rapport inverse des pressions, soit à moins du *dixième*, au bénéfice du prix, de la facilité d'établissement, de la main-d'œuvre. D'autre part, en raison de l'élévation énorme du facteur de combinaison, bien plus de chaleur est dégagée par chaque kilogramme du mélange réagissant — et ce, dans un volume bien moindre. L'*auto-réaction* est acquise de ce fait pour des appareils de très faible puissance et le dégagement de chaleur est tel qu'on peut en envisager l'emploi pour produire, sous forme de vapeur surchauffée, une partie appréciable de la force motrice; mais, surtout, alors que l'auto-réaction n'était possible jusqu'ici qu'avec des appareils gigantesques combinés avec des échangeurs de températures très efficaces, on peut, grâce aux hyperpressions, réaliser des unités beaucoup moins importantes : d'où la possibilité d'utiliser sur place l'hydrogène sous-produit de diverses industries existantes. J'aurai l'occasion de revenir sur ce point extrêmement important.

En second lieu, l'emploi des hyperpressions rend très facile l'enlèvement de l'ammoniac après chaque catalyse partielle :

J'ai dit qu'à 1000^{atm}, on atteint aisément en pratique des teneurs en ammoniac de 25 pour 100, soit, à chaud, une pression propre de AzH^3 de 250^{atm}. Comme la tension maximum de ce corps à 15° est de 7^{atm} seulement, on voit que le simple *refroidissement par l'eau* du mélange réactionnel à sa sortie du tube catalyseur peut liquéfier la presque totalité d'AzH^3 : bien que celui-ci se condense moins bien, au sein du mélange, que s'il était seul, et que le résidu gazeux, d'ailleurs réduit aux 60 pour 100 du gaz initial, entraîne 2,5 pour 100 environ d'AzH^3, on condense ainsi après chaque passage et sans aucune dépense de frigories coûteuses, plus de 90 pour 100 de l'ammoniac formé.

Dans les conditions instituées en Allemagne, au contraire, soit 200^{atm} et 6 pour 100 AzH^3, la pression propre d'AzH^3 n'est que de 12^{atm}, et il ne saurait être question de se borner à la condensation par de l'eau froide, qui ne liquéfierait pas moitié de l'ammoniac formé. Il faut, ou, à grand renfort de froid coûteux, amener la totalité du mélange gazeux, tenant très peu d'AzH^3, à une température où la tension de celui-ci est très faible, soit − 40° au moins, et l'on a abandonné ce procédé, trop coûteux même avec des échangeurs de température très efficaces; ou enlever AzH^3 par *dissolution dans l'eau* injectée sous 200^{atm}. Négligeons le travail considérable d'introduction de l'eau, en raison de la possibilité de le récupérer : il reste, sous forme de moteurs, de pompes, de colonnes de dissolution, une grosse complication dont le procédé par les hyperpressions est exempt.

De plus, le fait que l'ammoniac est recueilli sous la forme liquéfiée et non en solution aqueuse, confère au procédé par les hyperpressions un autre avantage.

J'ai expliqué, en effet ([1]), comment la transformation rationnelle de l'ammoniaque en engrais doit s'effectuer, non à l'aide d'acide sulfurique coûteux, mais à l'aide du chlore perdu dans l'industrie de la soude Solvay, et fournit alors, en quelque sorte comme sous-produit, des quantités énormes de carbonate de soude. Un examen plus complet de la question conduit, à ce propos, à une adaptation du procédé de Schreib, dans lequel l'évaporation dispendieuse de grandes masses de solutions est remplacée par des *précipitations alternées* de CO^3NaH et d'AzH^4Cl, cette dernière étant rendue possible — grâce à une carbonatation en deux temps — par l'insolubilité d'AzH^4Cl dans les solutions de carbonate *neutre* d'ammoniaque, à une température voisine de 5°. Ce procédé, qui évite de plus la perte de grosses quantités de sel marin non décomposé, jetées en même temps que $CaCl^2$ dans le procédé Solvay actuel, requiert donc beaucoup de *froid*. Ce froid, la simple évaporation de l'ammoniac liquide le produit directement et en presque suffisance à raison de plus de 300 frigories par kilogramme, tandis que la synthèse sous 200^{atm}, sauf complications, devrait obtenir tout ce froid par une dépense supplémentaire et considérable d'énergie. La forme liquide sous laquelle le procédé des hyperpressions livre son ammoniac rachète donc une grosse partie de l'excès de dépense d'énergie de ce procédé.

Il faut en outre remarquer que le principe des précipitations alternées d'AzH^4Cl et de CO^3NaH dans le même liquide exige que AzH^3 aussi bien que CO^2 y soient envoyés *à l'état gazeux*. Donc, la solution ammoniacale du procédé à 200^{atm} devrait être distillée pour en vaporiser et rectifier l'ammoniac, au prix d'une dépense de chaleur qu'on peut supposer fournie par les chaleurs perdues, et d'une complication nouvelle dont est encore exempt le procédé par hyperpression.

Je signalerai enfin une autre différence importante.

Dans le procédé à 200^{atm}, je l'ai dit, le faible facteur de combinaison oblige à renvoyer les gaz un grand nombre de fois sur le catalyseur : il faut pour cela relever la pression des gaz qui ont traversé le système de toute la perte de charge qu'ils y ont subie, soit, à chaque passage, 10^{atm} à 20^{atm} dans les conditions réalisées en Allemagne. Comme ces passages sont très

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1001.

nombreux, la dépense d'énergie correspondante constitue un supplément supérieur au dixième de l'énergie initiale de compression, et les pompes de recompression sont une nouvelle complication. Dans le procédé par hyperpression, la grandeur du facteur de combinaison, la facilité de l'élimination de l'ammoniac et la possibilité de marcher en auto-réaction avec un très petit débit gazeux, évitent ces deux inconvénients: il suffit de faire traverser au gaz un très petit nombre d'appareils catalyseurs *successifs* avec élimination de AzH^3 après chacun d'eux, ce qui est évidemment possible sans aucun relèvement de pression, et ce qui permet en outre l'élimination continue des gaz inertes, comme l'argon, qui tendent à s'accumuler dans l'autre système.

Si l'on essaie de chiffrer toutes ces économies possibles d'énergie du nouveau procédé, on trouve que, vraisemblablement supérieur au point de vue du prix d'établissement, de la simplicité et de la possibilité de petites unités, il le sera peut-être même au point de vue de la consommation spécifique d'énergie. Cette espérance est d'autant plus justifiée que la pratique amènera sans doute à indiquer comme bénéficiant assez des avantages ci-dessus l'emploi d'hyperpressions notablement inférieures à 1000^{atm}.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la polarisation dans les solutions de fer.* Note de M. **W. Albert Noyes**, Jr., présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note précédente [1] j'ai présenté les résultats de mes mesures sur le potentiel minimum nécessaire pour déposer le fer. J'ai remarqué que le potentiel minimum n'était pas égal à la polarisation, à cause de quelques réactions secondaires. Dans une autre Note [2] j'ai mesuré la polarisation dans l'acide sulfurique et sa variation avec la température. Dans le cas de l'acide sulfurique il y a un point bien marqué de décomposition de l'ion OH; mais, dans le cas du fer, la polarisation n'est pas due à des causes si simples. Il y a toujours, dans une électrolyse, un déplacement des ions, c'est-à-dire, dans le cas de l'électrolyse d'un métal, un appauvrissement des ions métalliques autour de la cathode, et un enrichissement autour de l'anode. Ce phénomène nous donne deux électrodes du même métal plongeant dans deux solutions de concentrations différentes, ce qui serait analogue à une

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 971.
(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1049.

pile de concentration dont le voltage est opposé à la différence de potentiel appliquée. En outre, s'il doit se dégager du gaz, un survoltage se produit qui dépend de la pression extérieure.

Dans les expériences préliminaires, nous avons étudié la polarisation totale dans plusieurs électrolytes à différentes températures avec différentes anodes. Un peu de gélatine ($0^g,2$ par litre) fait diminuer la polarisation de 0,02 volt, tandis que d'autres substances telles que l'acide picrique, le phénol et l'alcool amylique (substances proposées par différents auteurs) la font augmenter un peu (0,2 à 0,05 volt).

En essayant plusieurs dépôts, au point de vue purement pratique, nous revenons à la conclusion que les solutions ferreuses de chlorure ou de sulfate sont les meilleurs électrolytes, quoique l'addition d'autres substances présente parfois de légers avantages. Nous avons étudié, alors, la polarisation anodique et la polarisation cathodique dans une solution de sulfate ferreux à différentes températures.

Jahn et Schoenroch ([1]), Haber ([2]), Lewis ([3]) et d'autres auteurs ont trouvé que l'équation

$$E_p = A \log_{10} I + B \tag{1}$$

s'applique très exactement dans plusieurs cas pour le potentiel d'une électrode traversée par un courant. D'après la formule de Nernst, le coefficient A est donné par l'équation

$$A = \frac{0,0002\,T}{m_1 n_1}, \tag{2}$$

où m_1 est l'ordre de la réaction et n_1 la valence. Lewis a trouvé que le coefficient A était égal à 0,163 (en déterminant l'inclinaison de la courbe $\log_{10} I$ — potentiel) dans une solution d'acide sulfurique avec une cathode en mercure. La valeur maxima, cependant, calculée d'après l'équation (2) est de 0,058 (en considérant $m_1 n_1 = 1$).

Il est intéressant de noter, cependant, que si nous admettons que $m_1 n_1 = 6$, les valeurs calculées par l'équation (2) dans les solutions ferreuses, multipliées par 10, sont bien d'accord avec les valeurs trouvées en calculant les inclinaisons des courbes.

([1]) *Zeit. phys. Chem.*, t. 16, 1895, p. 45.
([2]) *Zeit. phys. Chem.*, t. 32, 1900, p. 193.
([3]) *Proc. Am. Ac. Arts and Sci.*, t. 41, 1906, p. 399.

Voici mes valeurs :

Valeur d'équation (2).10	Valeur trouvée.	Température. °C.
0,0960	0,0966	14,5
0,1098	0,1090	56,5
0,1134	0,113	67,5

Il faut remarquer que ces valeurs pour A ne s'appliquent qu'à une très petite partie de la courbe, c'est-à-dire pour les petites densités de courant. En augmentant la température, la courbe devient hyperbolique, une très petite partie seulement est une ligne droite.

Dans les expériences suivantes, j'ai opéré dans une atmosphère d'azote que j'ai d'abord fait passer sur du cuivre chauffé au rouge et que j'ai lavé ensuite par de la potasse. Les électrodes étaient en acier (à 0,8 pour 100 de carbone) séparées par une distance de 6^{cm} et ayant une surface de 64^{cm^2} chacune. L'électrolyte était une solution de sulfate de fer, à $25^g,1$ de fer par litre, et contenait seulement après les expériences des traces de sels ferriques. Un tube, en U, était placé derrière l'électrode en question et reliait le bain avec une électrode normale en hydrogène. L'hydrogène, formé par l'action de l'acide sulfurique sur le zinc, était lavé par du permanganate de potasse, de la potasse et par une solution deux fois normale en acide sulfurique de même concentration que la solution utilisée dans l'électrode. Le platine était platiné d'après le procédé et avec les précautions d'Ellis [1]. Les potentiels entre l'électrode acier et l'électrode d'hydrogène étaient mesurés par la méthode de compensation, les erreurs n'étant pas supérieures à 0,001 volt. Quand le voltage $Fe - FeSO^4 - H$ ne variait que de 0,001 volt au bout de quelques heures, on faisait les mesures.

Nous voyons qu'en solution acide, la polarisation est négligeable pour l'anode, et un peu plus élevée qu'en solution neutre pour la cathode. Sous ces conditions, la polarisation varie très peu avec la densité de courant. Après neutralisation de la solution, la polarisation n'augmente pas immédiatement, et devient normale seulement après plusieurs heures. Beaucoup de soin était nécessaire pendant les mesures, car une électrode polarisée cathodiquement restait polarisée pendant plusieurs heures, même en l'utilisant comme anode. L'addition d'une petite quantité de chlorhydrate d'ammoniaque fait diminuer la polarisation, mais des additions en quantité plus grande ne produisent pas d'effet appréciable.

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, t. 38, 1916, p. 742.

Voici mes valeurs :

Température. °C.	Polarisation. volt	Electrode.	Solution.
14,9	0,278	cathode	faiblement acide
»	0,037	anode	»
55	0,208	cathode	»
»	0,005	anode	»
74	0,127	cathode	»
20	0,219	anode	neutre
20	0,209	cathode	»
14,5	0,280	anode	»
»	0,207	cathode	plus $12^{cm^3},5$
70,8	0,120	cathode	($2 N NH^4Cl$ par litre)

Les valeurs sont celles à haute densité de courant, où les valeurs varient peu avec le changement de courant.

En résumé, la formule de Nernst ne s'applique pas à la polarisation des solutions ferreuses, mais indique néanmoins des valeurs proportionnelles aux valeurs expérimentales (le coefficient A étant à peu près dix fois plus grand).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Oxydation réversible de l'azotite de sodium.* Note de MM. C. **Matignon** et E. **Monnet**, présentée par M. Le Chatelier.

On sait depuis longtemps que l'azotate de sodium se décompose sous l'influence de la chaleur en donnant d'abord de l'azotite de sodium :

$$NO^3Na = NO^2Na + O.$$

Nous avons déterminé les constantes thermiques, inconnues jusqu'ici, du nitrite de sodium et, en utilisant la chaleur de formation du nitrate, établi l'équation thermique suivante :

$$2\,NO^2Na_{sol} + O^2_{gaz} = 2\,NO^3Na_{sol} + 45^{Cal}.$$

Le système monovariant envisagé, comprenant des corps solides et un gaz, est certainement réversible, étant donné que la chaleur de réaction dépasse notablement la valeur de $9^{Cal},26$ correspondant à l'oxygène (1). En réalité, quand la température s'élève, les sels fondent en donnant un mélange

(1) C. Matignon, *Annales de Chimie*, 8e série, t. 14, 1908, p. 31.

homogène et la variance du système se modifie, néanmoins la conclusion précédente reste entière à cause de la grandeur de l'énergie thermique.

On avait vainement cherché jusqu'ici à transformer le nitrite de sodium en nitrate par oxydation directe [1].

Il nous a suffi d'opérer avec une pression convenable pour réaliser l'oxydation prévue. Nous nous contentons de donner ici les résultats d'une seule expérience.

3^g de nitrite de soude, dosant 97,5 pour 100 de nitrite pur, sont placés dans un tube de verre, introduit lui-même dans un tube d'acier résistant qui peut être chauffé électriquement. Le tube reste constamment en relation avec un manomètre.

La matière est chauffée pendant 4 heures de 395° à 450°, puis pendant 5 heures de 500° à 530°, sous une pression d'oxygène de 175^{atm}.

En fin d'expérience, on recueille un produit fondu pesant 3^g, 633 qui a attaqué superficiellement le tube de verre avec décomposition d'un peu de nitrate.

Dans ce produit, le nitrite est dosé par le permanganate de potasse et l'azote combiné total par la transformation du mélange nitrite et nitrate en ammoniaque (méthode Devarda). On déduit de ces analyses :

Poids de nitrite de soude....................	0^g,046
Poids de nitrate de soude.....	3^g,382

La transformation est donc presque totale.

La pression n'intervient ici que pour augmenter la vitesse de réaction, conformément à la variation de la concentration, car comme nous le montrerons dans un mémoire développé, on peut même réaliser l'oxydation sous la pression atmosphérique.

Cette réaction d'oxydation, qui pourrait présenter un intérêt pratique dans l'industrie des nitrate et nitrite synthétiques par l'arc électrique, s'effectue beaucoup trop lentement pour pouvoir être utilisée. Dans une autre expérience, après 2 heures de chauffe, entre 350° et 450°, et 4 heures à 450°, sous la pression de 125^{atm}, on n'avait transformé que 78,8 pour 100 de nitrite en nitrate. Il conviendrait de rechercher un catalyseur suffisamment actif pour espérer transformer économiquement les excès de nitrite de soude en nitrate à partir de l'air.

Nous avons essayé dans les mêmes conditions l'oxydation du nitrite de calcium en nitrate.

(1) OSWALD, *Recherches sur les azotites*. Thèse, Paris, 1913.

Un échantillon d'un mélange de nitrite et de nitrate de chaux, mis obligeamment à notre disposition par M. Schlœsing, a été chauffé pendant 6 heures à 500° sous une pression de 240^{atm}. Il dosait avant et après l'expérience :

	Produit initial.	Produit final.
$(NO^2)^2Ca$ (pour 100)	43,49	26,40
$(NO^3)^2Ca$ (pour 100)	28,46	45,15

Le nitrite de chaux s'oxyde donc également lentement dans ces conditions.

En résumé, nous avons vérifié que le passage de l'azotite de sodium à l'azotate par oxydation directe était bien, comme on pouvait le prévoir, une réaction réversible. Cette réaction, pour devenir pratique, demanderait à être activée par l'emploi d'un bon catalyseur qui permettrait d'opérer sous la pression atmosphérique, ou sous pression très réduite.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réaction réversible de l'eau sur le molybdène.* Note [1] de M. **Georges Chaudron**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans une Note précédente [2], nous avons montré que l'oxydation du fer par la vapeur d'eau aux températures élevées se faisait suivant les deux réactions réversibles :

$$Fe + H^2O \rightleftharpoons Fe\,O + H^2,$$
$$3\,FeO + H^2O \rightleftharpoons Fe^3O^4 + H^2.$$

L'appareil, employé pour la mesure des constantes d'équilibre de ces systèmes, fonctionnait d'après le même principe que celui de Sainte-Claire Deville [3]; par suite de la lenteur de la diffusion des gaz à l'intérieur de la chambre de réaction, l'équilibre était toujours très long à obtenir avec certitude, mêmes aux températures supérieures à 800°.

Dans le but de remédier à cet inconvénient, nous avons modifié notre appareil primitif de façon à permettre une circulation continue du mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau sur les corps en réaction.

Nous avons appliqué ce dispositif à l'étude du système (vapeur d'eau, molybdène, hydrogène et bioxyde de molybdène); nous avons mesuré

(1) Séance du 5 janvier 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 237.

(3) *Comptes rendus*, t. 70, 1870, p. 1201.

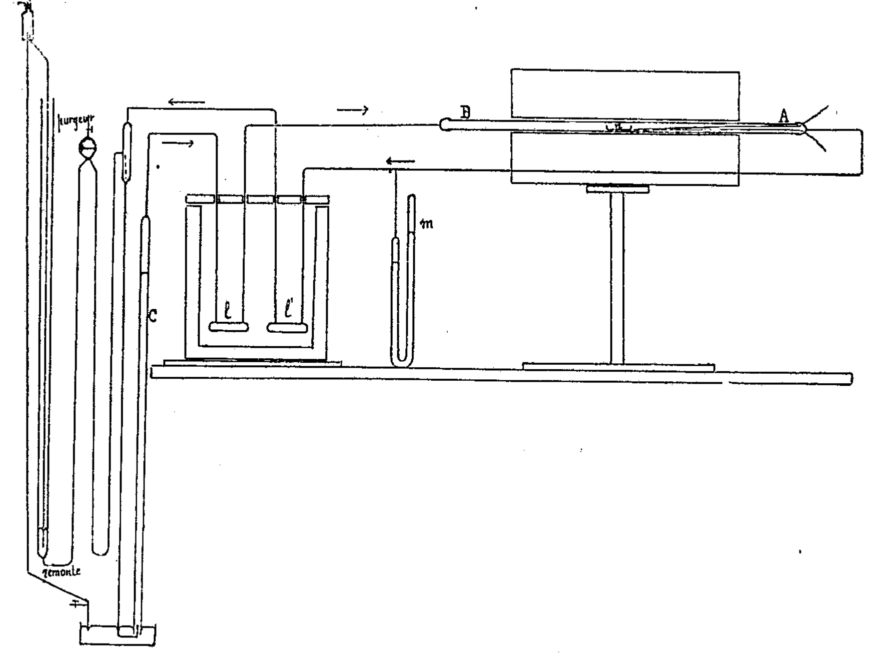

purgeur
remonte
B
A
C
l
l'
m

Fig. 1.

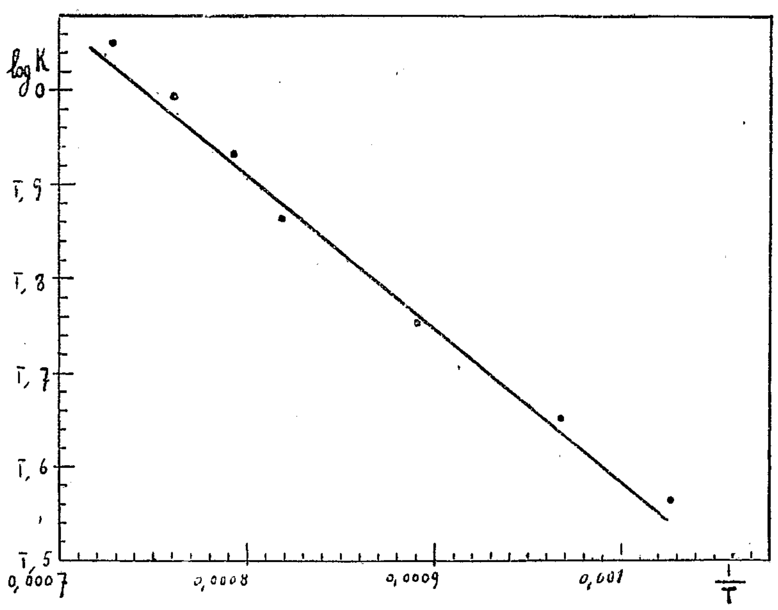

log K
0
1̄, 9
1̄, 8
1̄, 7
1̄, 6
1̄, 5
0, 0007
0, 0008
0, 0009
0, 001
1/T

Fig. 2.

$K = \frac{pH^2O}{pH^2}$, à des températures variant entre 700° et 1100°, en partant soit du molybdène, soit du bioxyde MoO^2.

[M. Marcel Guichard [1] a déjà montré l'existence de cet équilibre à 800°, en se servant de la méthode de Debray [2].]

Fonctionnement de l'appareil. — Une nacelle *n* contient le métal et l'oxyde; elle est placée dans un tube en porcelaine AB chauffé dans un four électrique à résistance; la nacelle se trouvant placée dans la zone de température uniforme du four, on mesure la température avec une pince thermo-électrique, la soudure chaude étant au contact de la nacelle.

Le mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau circulera de B vers A en passant par les laveurs *l* et *l'* avant et après le passage sur le métal et l'oxyde; cette circulation continue du mélange gazeux est assurée par la chute de mercure, les gaz aspirés rentrant dans l'appareil par la cloche C; la tension de la vapeur d'eau dans le mélange (pH^2O) correspond à la température de l'eau placée dans les laveurs, température maintenue constante et toujours inférieure à celle du reste de l'appareil; la tension d'hydrogène dans le mélange (pH^2) est mesurée par un manomètre *m*; pour la mesure, on arrête le débit de mercure et la lecture de la différence de niveau dans les deux branches se fait au cathétomètre; elle donne la tension de l'hydrogène humide ($pH^2O + pH^2$).

Précision obtenue dans la mesure de $K = \frac{pH^2O}{pH^2}$. — On mesure la température de l'eau des laveurs à moins de $\frac{1}{10}$ de degré, la tension pH^2O est toujours plus grande que 10^{mm}; donc pH^2O est mesurée à moins de 1 pour 100.

La pression $pH^2 + pH^2O$ est mesurée au cathétomètre à moins de $\frac{1}{10}$ de millimètre; cette tension $pH^2 + pH^2O$ est toujours plus grande que 20^{mm}; donc elle est connue à moins de 0,5 pour 100 et pH^2 à moins de 2 pour 100.

Donc $K = \frac{pH^2O}{pH^2}$ sera connu à moins de 3 pour 100.

Les mesures sont résumées dans le Tableau suivant :

---

(1) *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 998.
(2) *Comptes rendus*, t. 45, 1857, p. 1078.

Températures des phases solides.	$K = \frac{pH^2O}{pH^2}$ obtenu par réduction.	obtenu par oxydation.
700°	0,37	0,39
760	0,45	0,47
850	0,56	0,57
940	»	0,71
950	0,72	»
985	0,86	0,87
1040	0,97	1
1100	1,12	1,13

Nous conserverons comme valeurs définitives de K celles trouvées par réduction, la vitesse de réduction étant toujours plus grande que la vitesse d'oxydation.

Si nous portons en abscisses les différentes valeurs de $\frac{1}{T}$ et en ordonnées les log K correspondants, les différents points obtenus s'alignent dans l'intervalle de température considéré.

GÉOLOGIE. — *Quelques observations sur la mer redonienne de Bretagne.* Note de M. F. **Kerforne**, présentée par M. Pierre Termier.

M. G. Dollfus a appelé Redonien un ensemble de dépôts différant des faluns vindoboniens de l'Ouest tant par son faciès : sables avec lentilles d'argile calcareuse ou d'argile plus ou moins plastique, que par sa faune notablement plus récente. Il a montré dans une carte les rapports de la mer redonienne avec la mer vindobonienne et fait ressortir leur indépendance. Suivant les localités, le Redonien repose sur les terrains primaires, sur les faluns, ou même sur le Rupélien, puisqu'on y rencontre, à Apigné par exemple, des galets de calcaire à *Archiacina armorica*; mais jusqu'à présent il n'avait pas été possible de voir avec précision le contact avec les terrains sous-jacents.

J'ai pu l'observer dernièrement à la Chaussairie, près de Rennes, et cette observation vient compléter heureusement les données que nous avions jusqu'ici.

Au-dessus des faluns très fortement ravinés de la petite carrière de la Garenne (la surface de ravinement plonge rapidement au Nord), il y a d'abord des glaises ocreuses peu épaisses ($0^m,10$ à $0^m,15$) dans lesquelles on trouve : 1° des galets parmi lesquels le grès domine de beaucoup et non le quartz comme à la base des faluns, 2° des fragments d'ossements de

mammifères, 3° des concrétions ferrugineuses renfermant, à l'état de moules, de nombreux débris de fossiles redoniens : *Bittium reticulatum*, *Arca*, *Cardita*, etc. Puis, viennent des sables puissants qui ont été exploités dans de nombreuses carrières, aujourd'hui abandonnées. Ils contiennent des lentilles irrégulières d'argile grise et souvent dans l'argile il y a des parties ligniteuses éparses et plus ou moins importantes. Tous ces dépôts doivent être rangés dans le Redonien; dans les mêmes sables à peu de distance, près du Vieux Chartres, on trouve du reste la faune d'Apigné.

De ces observations et des observations antérieures on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Après le dépôt des faluns vindoboniens il y a eu une période continentale pendant laquelle il s'est établi en certains endroits des tourbières, comme l'indique la présence dans les dépôts redoniens de parties ligniteuses, évidemment remaniées, aussi bien à la Chaussairie que près d'Apigné, dans le lit de la Vilaine.

Sans doute à ce moment l'érosion a commencé à attaquer les faluns.

2° La mer redonienne, à l'inverse de la mer vindobonienne, est venue du Sud, comme l'indique la présence à la base des dépôts de galets de grès dont l'origine ne peut être cherchée que dans les grès armoricains des environs de Laillé (5^{km} au Sud). Elle s'est étendue, en remaniant les formations continentales existantes, sur une surface où affleuraient, suivant les localités, les terrains primaires, le Rupélien ou les faluns.

GÉOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la faille d'Argentat entre Eymoutiers (Haute-Vienne) et Treignac (Corrèze).* Note de M. **Jean Couégnas.**

Les travaux de Mallard [1], de Leverrier [2] et plus récemment ceux de M. G. Mouret [3], ont mis en évidence une importante zone de fractures qui s'étend de Villefranche-de-Rouergue aux environs de Bourganeuf (Creuse) et qu'on a appelée *zone des failles*, *zone des quartzites*, *faille d'Argentat*, etc. Cette bande bouleversée, de direction générale NNW, limite deux régions

(1) Mallard, *Carte agronomique et géologique du département de la Haute-Vienne au* 80000e, 1869; avec Notice.

(2) Leverrier, *Carte géologique détaillée de la France : feuille de Limoges*, n° **164**, 1897, etc.

(3) G. Mouret, *Sur la limite occidentale du massif granitique d'Eymoutiers* (Haute-Vienne) (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. **11**, 1911).

distinctes à la fois par leur niveau topographique et par leur constitution géologique générale. A l'Ouest, c'est la *région limousine* ou *plateau schisteux de Limoges;* à l'Est, le massif granitique, *plateau de Millevaches, plateau de Gentioux*, etc., c'est la « Montagne » dont l'altitude moyenne est de 800^{m}. A la limite de ces deux secteurs, la dénivellation est très sensible et atteint rapidement 150^{m}.

Des recherches entreprises dans la région de bordure du massif granitique entre Eymoutiers et Treignac et interrompues par la guerre, m'ont amené à quelques découvertes qui contribueront à reconstituer l'histoire géologique de cette partie du Massif Central de la France.

La zone des failles va en s'élargissant du Nord au Sud, de Sainte-Anne à Chamberet. Au Nord, les granites de l'Est arrivent à son contact. Sa largeur, qui peut être de plusieurs kilomètres, est occupée par des roches quartzeuses, granitiques et schisteuses profondément modifiées par de puissants broyages, malaxages et laminages; la structure cataclastique s'y présente sur une large échelle. Souvent, il y a eu apport considérable de silice, qui a injecté ou enveloppé les débris de roches, contribuant ainsi à augmenter leur résistance à l'érosion et le brouillage de la zone. Des dykes épais de quartz à poches argileuses émergent çà et là et indiquent même à plusieurs kilomètres la direction générale de la faille (Sainte-Anne, Domps, Ceux, etc.). Malgré ce brouillage intense, il est possible de retrouver les caractères originaux des roches qui se retrouvent à l'Est et à l'Ouest. Toutes les variétés de granites de la bordure y apparaissent, granite à tourmaline, granite porphyroïde, granites à grains moyens ou à grains fins, ainsi que les schistes, gneiss et *amphibolites* de la région de Sussac. Aussi une délimitation précise en est difficile sinon impossible à l'Ouest, mais plus aisée à l'Est en raison des filons quartzeux et des venues porphyriques.

Dans cette région de grande perturbation mécanique, ce sont les roches dures, les granites, qui paraissent offrir les transformations les plus intéressantes.

Il y a là des structures aux variétés infinies qui révèlent au microscope leur origine dynamique : des roches constituées par de gros éléments tels que des cristaux ou amas de cristaux plus ou moins fissurés au milieu d'une masse granuleuse de débris où le mica a été transformé en chlorite. L'aspect vaguement schisteux est celui d'une *structure à mortier*, d'un gneiss œillé grossier. Ailleurs les phénocristaux paraissent mieux orientés et donnent une *structure lenticulaire*. Parfois on découvre des textures nettement schisteuses comme si les actions mécaniques avaient eu une direction

définie. Dans ce cas il serait difficile de reconnaître la roche d'origine si l'on ne pouvait observer le passage sur le terrain. Il n'y a plus de phénocristaux et la schistosité peut devenir remarquable; le mica transformé en chlorite se dispose en plages distinctes. En définitive, on a affaire à de véritables *mylonites*.

C'est au milieu de ces roches, près du village de Rebeyrolle au sud-ouest de Domps, que j'ai découvert un affleurement d'*amphibolite* (*gneiss amphibolique*) offrant des petites plages de calcite. Cet affleurement qui est le seul ayant été signalé dans cette zone brouillée me paraît en relation avec les amphibolites de Sussac et tend à infirmer la théorie du fossé d'effondrement dans cette région. Sa présence à cet endroit contredit l'opinion de M. G. Mouret sur l'absence d'amphibolites dans la région des failles.

Vers Sainte-Anne, où dominent au contact des filons de quartz des granites à mica blanc et à tourmaline, les mêmes phénomènes de transformation mécanique s'observent : passage graduel de la granulite peu déformée à une roche franchement schisteuse avec plans de glissements caractéristiques où les cristaux sont broyés. On assiste à une dissociation et à une orientation progressives du mica blanc suivant les plans de clivage. Ces *granites* (*à muscovite*) *laminés* se présentent en bancs de un à quelques décimètres d'épaisseur plongeant à l'Ouest et découpés par des fractures verticales de direction NW ou NNW. Ils sont particulièrement visibles entre les villages du Landeix et du Cheyroux.

L'hypothèse que ces roches pouvaient se rencontrer en dehors de la faille m'a amené à découvrir, à environ 5^{km} à l'est de la limite de Leverrier, entre les villages du Pré-Loubeix et du Grand Bouchet, un lambeau assez étendu de granulite laminée. Ce résultat amènerait donc à conclure que les roches laminées n'appartiennent pas en propre à la région des failles. De récentes recherches ont fait découvrir de nombreux gisements de roches écrasées dans l'ouest du Massif Central [1] et il n'y a pas de doute qu'un relevé minutieux de leur extension actuelle sera d'une importance considérable pour l'histoire géologique du Plateau Central de la France.

---

(1) L. de Launay, *Sur quelques roches écrasées du Plateau Central* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1434). — G. Mouret, *Sur le prolongement, au Nord-Ouest, de la zone des roches écrasées reconnues entre Asprières* (*Aveyron*) *et Fromental* (*Haute-Vienne*) (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 862); *Sur quelques effets de laminage des roches observés dans la partie occidentale du Massif Central* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 980).

BOTANIQUE. — *Sur les causes de l'élongation de la tige des plantes étiolées.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Lorsque l'on cultive, comparativement, des plantules, les unes à l'obscurité et les autres à la lumière, on se rend facilement compte que les parties aériennes de ces dernières sont vertes et courtes, tandis que celles des premières offrent les caractères des plantes étiolées, c'est-à-dire qu'elles sont jaunes ou blanchâtres et que leurs tiges sont très longues. A quoi est dû cet allongement des plantes étiolées ou, ce qui revient au même, quelle est la cause du rabougrissement des plantules éclairées? On attribue, généralement, cette différence à la lumière qui, on l'admet, ralentit la croissance. A examiner les choses de plus près, on s'aperçoit que, si cet effet ralentisseur de la lumière existe bien, il est en réalité incapable de produire une aussi grande différence que celle que l'on constate dans certaines plantes, le *Pois*, la *Vesce*, la *Lentille*, etc., par exemple, où les tiges étiolées ont, parfois, plus de dix fois la longueur des tiges qui se sont développées à la lumière. Il y a là, évidemment, un autre phénomène qui s'ajoute à l'influence retardatrice de celle-ci. On peut se demander si les caractères des plantes étiolées ne proviennent pas de l'absence, chez elles, de chlorophylle et, par suite, de fonction chlorophyllienne. Partant de cette hypothèse, que des observations variées m'avaient rendue vraisemblable, j'ai fait quelques expériences qui, comme on va le voir, paraissent l'avoir corroborée d'une manière assez satisfaisante, ce qui, d'ailleurs, ne veut pas dire qu'elle soit exacte.

Prenons, par exemple, le *Lupin blanc*, qui, à la lumière, donne des plantules dont les cotylédons et les jeunes feuilles sont extrêmement verts et dont les axes hypocotylés le sont un peu moins. Mettons à germer des graines : 1° à la lumière et dans de l'eau de source; 2° à l'obscurité et dans la même eau; 3° à l'obscurité et dans de l'eau où l'on a trituré des plantules vertes [1]. Voici un exemple des résultats que l'on obtient :

---

[1] Ce liquide (qui est neutre au tournesol) est, bien entendu, filtré, stérilisé à l'autoclave, puis, à nouveau, filtré et restérilisé. La trituration dans un mortier a été faite avec les cotylédons, les jeunes feuilles, les axes hypocotylés et une partie des racines.

LUPIN BLANC.

Accroissement de l'axe hypocotylé (H) *et de la racine* (R) (*en centimètres*) *de plantules qui, au début de l'expérience, avaient un axe hypocotylé presque nul et une racine de* $0^{cm},5$ ($T° = 24°$ env.).

Au bout de :		A la lumière et dans de l'eau de source.	A l'obscurité dans de l'eau de source.	A l'obscurité dans de l'eau de source additionnée du suc de plantules vertes.
24 heures.......	H	0,4	1,3	0,6
	R	2,5	3,2	0,5
48 »	H	0,9	3,5	0,7
	R	3	7	3
72 »	H	1	4,3	0,8
	R	3,2	10,5	3,6
96 »	H	1,2	7,5	0,9
	R	4,5	12,5	3,7
120 »	H	1,5	9	1
	R	5	12,6	3,8
144 »	H	2	12	2
	R	6	12,8	3,8
168 »	H	2,2	15	3
	R	6,5	13	3,9
192 »	H	2,3	17	4
	R	10	15	4,5

Autant que l'on peut conclure de cultures faites en milieux de composition un peu différente, il paraît évident que la présence, dans l'eau, de suc de plantules vertes a notablement réduit la croissance, aussi bien de l'axe hypocotylé que de la racine, et que, bien qu'élevée à l'obscurité, la plantule en question a présenté des caractères de rabougrissement analogues, mais, cependant, moins intenses, que celle cultivée à la lumière. J'explique ce fait en émettant l'hypothèse que, du fait de la fonction chlorophyllienne, les chloroleucites, par une sorte de sécrétion interne analogue à celles qui commencent à être bien connues chez les animaux, déversent, dans les organismes végétaux, quand ils assimilent à la lumière, une substance qui, sans être complètement *toxique*, est cependant un peu *nocive* et susceptible de ralentir la croissance, et, vu cette action « nanisante » (1),

(1) Je n'ai aucune donnée sur la nature chimique de cette substance hypothétique, vraisemblablement complexe; tout ce que je peux en dire c'est qu'elle est soluble dans l'eau et n'est pas détruite à 120°.

donne aux plantules exposées à la lumière, un aspect rabougri par rapport aux plantules étiolées.

On peut objecter aux résultats dont je viens de donner un exemple cette supposition que si le suc du Lupin verdi est un peu nocif, c'est parce que les substances contenues naturellement dans le Lupin le sont par elles-mêmes et non parce qu'elles proviennent de plantes riches en chloroleucites et, par suite, aptes à assimiler. Le Tableau suivant répond, semble-t-il, a cette observation :

LUPIN BLANC.

Accroissement de l'axe hypocotylé (en centimètres) de jeunes plantules (T° = 22° env.).

Au bout de :	A la lumière et dans de l'eau de source.	A l'obscurité dans l'eau de source.	A l'obscurité dans l'eau additionnée de suc de plantules étiolées.	A l'obscurité dans l'eau additionnée de suc de plantules vertes.
24 heures	0	0,4	1	0,3
48 »	0,3	1,5	1,3	0,4
72 »	0,4	3,5	2,3	0,8
96 »	0,8	5,5	3	1,1
120 »	1	9	4	1,5
144 »	1,6	11	6	2,1
168 »	3	13.5	8	2,5

On voit que le suc des plantules étiolées, s'il a un peu ralenti la croissance, n'a pas eu, à beaucoup près, le même effet « nanisant » de celui de plantules vertes.

En résumé, *il semble que, si les plantules obtenues à la lumière sont naines par rapport à celles ayant poussé à l'obscurité, c'est que, du fait de la fonction chlorophyllienne qui peut s'effectuer grâce à leurs chloroleucites, ceux-ci, par une véritable sécrétion interne, déversent dans le végétal une substance qui en ralentit la croissance. Inversement, si les plantes étiolées ont de longues tiges, cela est dû à ce qu'elles ne peuvent assimiler, pour la double raison qu'elles n'ont pas de chloroleucites et qu'elles ne reçoivent pas de rayons lumineux.*

BOTANIQUE. — *Différences thermiques de l'ubac à l'adret d'une vallée lacustre.* Note de MM. EDMOND GAIN et ANDRÉ GAIN, présentée par M. Gaston Bonnier.

Les différences de végétation constatées à l'ubac et à l'adret d'une vallée sont ordinairement considérées comme résultant surtout des conditions

thermiques : sommes des températures utiles, précocité du déneigement et du dégel, durée de l'ensoleillement direct, etc. Nous nous sommes proposé de préciser, par des observations, les différences thermiques qui peuvent être constatées, en été, sous le climat de l'Est de la France, entre les deux versants d'une vallée lacustre (vallée de Gérardmer) orientée sensiblement de l'Est à l'Ouest. Le versant Nord, qui regarde le Sud, a des caractères d'adret qui se manifestent notamment par des avances phénologiques dans les phénomènes de floraison au printemps. Dans le thalweg de la vallée, le lac forme une grande masse d'eau profonde à température relativement peu variable en été. Le lac sépare nettement les influences totalisées respectivement par chacun des deux versants des rives Nord et Sud. Les observations thermométriques, effectuées à l'aide d'appareils spéciaux, ont donné des lectures faciles avec une approximation de $\frac{1}{8}$ de degré centigrade. Pour dégager l'allure générale du profil thermique orienté NS, perpendiculairement à l'axe d'orientation de la vallée, nous avons choisi la deuxième partie d'une période de sécheresse qui s'est étendue sur août et septembre 1919.

Après de nombreux essais préliminaires, destinés à éviter les causes d'erreur, nous avons adopté, comme base, la prise simultanée des températures du sol, à 1^{dm} de profondeur, sous une couverture végétale comparable de gazon ras (pré fauché).

Les points d'observation se trouvaient de 660^m à 800^m d'altitude. Cette faible dénivellation ne peut donner une gamme régulière de températures descendantes à mesure qu'on monte en altitude sur les deux versants.

5 septembre 1919, 9^h30^m à 10^h30^m du matin (à 1^{dm} sous le sol, à l'ombre) :

Températures des sols notées à l'ubac (Xetté) : $12^\circ\frac{1}{4}$ à $12^\circ\frac{1}{2}$ C.

Températures des sols notées à l'adret (Les Xettes) : $13^\circ\frac{1}{2}$ à 15° C.

Moyennes.	Adret	$14^\circ\frac{2}{8}$
	Ubac	$13^\circ\frac{3}{8}$
	$a - u$	$0^\circ\frac{7}{8}$

Sur une colline située dans la vallée, un profil thermique orienté Est-Ouest a donné l'après-midi $a - u = 1^\circ\frac{5}{8}$.

Après un mois de sécheresse estivale les différences de température des sols de l'ubac à l'adret sont donc minimes et à peine supérieures à 1°. Nous avons cherché une autre caractéristique dans la température des eaux de ruissellement des deux versants au moment où elles arrivent près du lac.

A plusieurs reprises nous avons noté, à peu près au même moment, les températures des eaux et du sol baigné par les eaux de 9 ruisseaux affluents dont 3 à l'adret et 3 à l'ubac étaient comparables par leur trajet et leur débit. Nous avons dégagé les moyennes suivantes :

		(Température de l'eau à 1^{dm} au-dessous du niveau de l'eau.)		(Temp. du sol à 1^{dm} de profondeur dans le lit du ruisseau.)	
Adret.	R. n° 1......	$16°\frac{1}{4}$	Moy. 15°,16	16°	Moy. 15°,16
	n° 2......	16		16°	
	n° 3......	$13°\frac{1}{4}$		$13°\frac{1}{2}$	
Ubac.	R. n° 1'......	$14°\frac{1}{2}$	Moy. 13°,16	$14°\frac{1}{2}$	Moy. 13°,25
	n° 2'......	13°		16°	
	n° 3'......	12°		$13°\frac{1}{4}$	
	Différences.......		$a - u = 2°$		$a - u = 1°,91$
Ubac.	R. n° 4'......	$15°\frac{1}{4}$	Moy. 12°,33	$15°\frac{1}{2}$	Moy. 12°,5
	n° 5'......	$14°\frac{1}{2}$		$14°\frac{1}{2}$	
	n° 6'......	$7°\frac{1}{4}$		$7°\frac{1}{2}$	

(Température des eaux superficielles du lac, $19°\frac{1}{2}$.)

(Temp. de l'air à 1^m au-dessus du sol, 20°.)

Températures les plus basses des sources :

A l'adret (Haut des Xettes)..............	$10°\frac{1}{4}$
A l'ubac (Roche du Lac).................	$7°\frac{1}{4}$
$a - u$.................	3°

Températures des grèves du lac (3 septembre 1919, 10^h30^m matin).

	Sol sec à l'ombre grève exondée.	Limite du sol mouillé par l'eau du lac.	Eau des ruisseaux.	Eau du lac près de la rive.
Adret........	14°	$16\frac{3}{4}$°	13°	18°
Ubac.........	$12\text{-}12\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2}$	12	17
$a - u$.........	$1\frac{1}{2}$ à 2	$4\frac{1}{4}$	1	1

(Température de l'air au milieu du lac, à 1^m au-dessus de l'eau, $21°\frac{1}{2}$; température de l'eau du milieu de lac à 1^{dm} sous la surface de l'eau, 18°.)

En résumé, dans nos observations, le profil thermique Nord-Sud, perpendiculaire à l'axe Est-Ouest de la vallée lacustre considérée, a présenté les particularités suivantes en période estivale et sèche prolongée :

1° Masse d'eau lacustre ayant en surface une température très supérieure à celle des sols des deux versants de la vallée. Cet excédent peut atteindre 4° à 6°.

2° Températures de l'ubac et de l'adret présentant des différences d'environ 1° C. dans les sols et dans les eaux, en des points correspondants.

3° Refroidissement du sol sur les deux rives, mais plus accentué à l'ubac qu'à l'adret, avec une différence qui peut atteindre à l'ubac jusqu'à 5° ou 6° au-dessous de la température des eaux du lac. La zone de raccordement des températures du lac et des deux versants s'étend sur environ 1^m en bordure des eaux du lac.

4° Les eaux et les sols les plus froids sont situés sur la rive du lac en un point de l'ubac. Et cela malgré la masse chaude des eaux du lac qui doit tendre, en été, à réchauffer l'ubac.

Il n'est pas douteux que les profils thermiques, d'une vallée déterminée, établis à plusieurs époques caractéristiques ou saisonnières, fournissent une documentation écologique qui doit s'ajouter à la notion classique des intégrales des températures utiles, pour différencier l'ubac de l'adret, et préciser les conditions qui régissent leurs associations végétales respectives.

BOTANIQUE. — *Sur l'évolution du chondriome dans la cellule végétale.* Note de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Gaston Bonnier.

Lorsqu'on examine des coupes de racines de Courge, fixées et colorées par les méthodes mitochondriales, on constate dans les cellules les plus jeunes du méristème un chondriome constitué à la fois par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et par des chondriocontes onduleux et plus ou moins allongés (*fig.* 1). Ces éléments présentent tous les mêmes caractères histo-chimiques et sont tout à fait semblables aux mitochondries qui constituent le chondriome de la cellule d'un animal ou d'un Champignon. Dans une cellule de foie de Grenouille (*fig.* 4) et dans un jeune asque de *Pustularia vesiculosa* (*fig.* 3), par exemple, on trouve un chondriome composé par les mêmes éléments.

En suivant l'évolution du chondriome de la racine de Courge pendant la différenciation cellulaire, on constate cependant que ces différents éléments n'ont pas tous la même valeur. Dans les cellules les plus jeunes des méristèmes, les chondriocontes forment parfois sur leur trajet de petites vacuoles dont le contenu incolore représente un grain d'amidon. De plus dans les cellules en voie de différenciation, les chondriocontes subissent des modifications qui consistent surtout en une augmentation d'épaisseur et en même temps élaborent de petits grains d'amidon composés, ce sont

donc des amyloplastes. Leurs formes et leurs dimensions sont d'ailleurs variables selon les tissus et selon les phases d'activité élaboratrice ou de repos de a cellule; ils peuvent s'allonger beaucoup, se ramifier, se segmenter

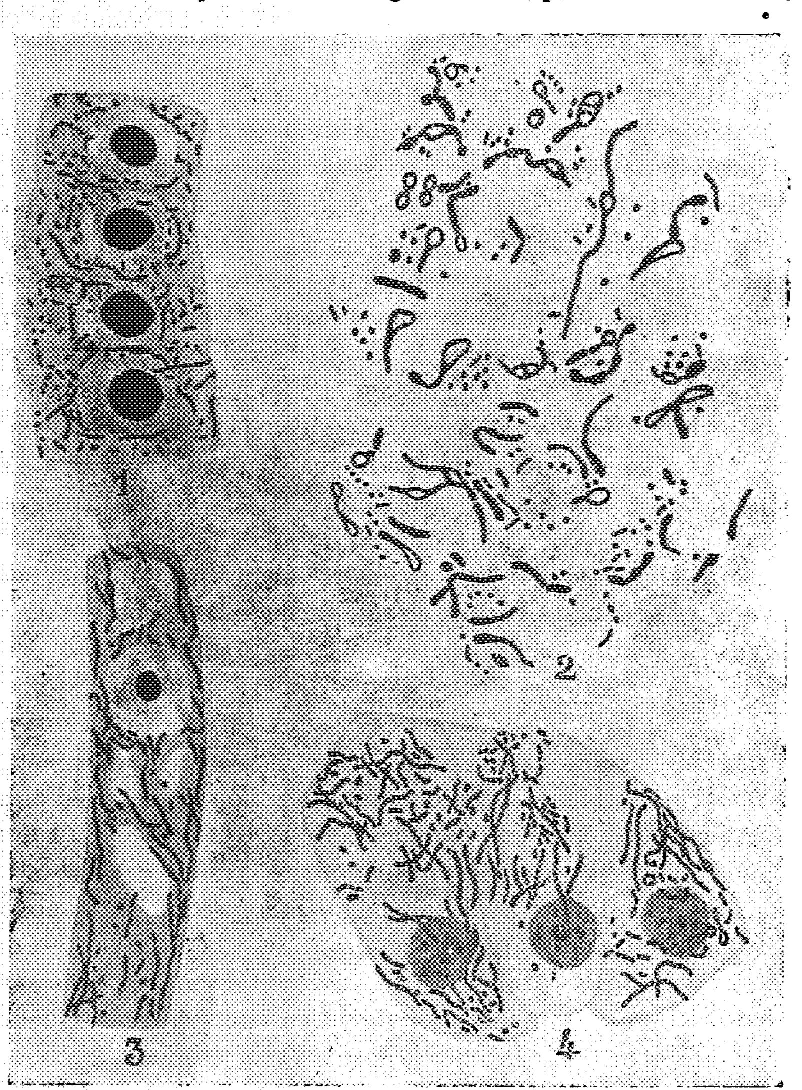


Fig. 1 et 2. Chondriocontes de la racine de Courge. — Fig. 3. Chondriome d'une jeune asque de *Pustularia vesiculosa*. — Fig. 4. Chondriome dans une cellule de foie de Grenouille.

en bâtonnets courts ou en grains, s'épaissir ou s'amincir (*fig.* 2). Ils conservent les caractères histo-chimiques et morphologiques des mitochondries ordinaires et dont ils se distinguent que par des dimensions un peu plus

élevées. Au contraire, les mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets conservent le plus souvent leurs formes ordinaires, cependant dans certaines cellules elles sont susceptibles de s'allonger en chondriocontes plus minces que les amyloplastes; enfin elles ne participent jamais à l'élaboration de l'amidon.

Comme les deux catégories d'éléments qui constituent le chondriome présentent les mêmes caractères de fixation et de coloration, jouissent l'une et l'autre de la propriété de se diviser et de passer de l'état de grain à celui de filament et inversement, et ne se distinguent pas dans les cellules des méristèmes, on est forcé d'admettre qu'elles font toutes deux partie du chondriome, mais qu'elles constituent deux variétés de mitochondries.

Si, maintenant, nous prenons comme exemple les cellules épidermiques des pièces du périanthe d'une fleur de Tulipe (variété blanche) au moment où la fleur s'ouvre, nous constaterons un chondriome également constitué par des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets, et par des chondriocontes minces et allongés, onduleux et parfois ramifiés. Mais ici les mitochondries granuleuses et les courts bâtonnets se distinguent des chondriocontes par le fait qu'ils sont légèrement plus chromophiles. De plus, ces deux catégories n'ont pas la même valeur physiologique, car dans les deux variétés jaunes de Tulipe, les chondriocontes élaborent le pigment xanthophyllien, tandis que les mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets ne participent pas à cette élaboration; cependant, les propriétés microchimiques et l'allure générale de ces deux catégories d'éléments sont tout à fait caractéristiques de ce que l'on est convenu de désigner sous le nom de *chondriome* dans la cellule animale. Si l'on recherche l'origine de ces deux catégories d'éléments dans les cellules très jeunes du méristème, on ne trouve d'abord que des mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets, qui se colorent de la même manière, et il est impossible de distinguer parmi elles celles qui deviendront des chondriocontes, de celles qui resteront à l'état de grains. A un stade ultérieur, on constate qu'un certain nombre de ces éléments s'allongent en chondriocontes, tandis que les autres conservent leurs formes primitives. En étudiant le chondriome des cellules du nucelle et du sac embryonnaire au début de leur développement, on ne peut pas distinguer non plus parmi ces éléments ceux qui deviendront plastides de ceux qui deviendront mitochondries. On est donc naturellement amené à penser que les plastides sont une variété spéciale des mitochondries, résultant de la différenciation des mitochondries indifférenciées du méristème.

Cependant, on sait que dans les Bryophytes, où la chlorophylle persiste à tous les stades du développement, il existe des chloroplastes distincts des mitochondries, qui se transmettent par divisions, par l'intermédiaire de l'œuf. Les recherches d'un de nos élèves, M. Mangenot, ont abouti au même résultat dans les Fucacées.

Ceci nous conduit donc à penser que ce qu'on désigne sous le nom de *chondriome* serait constitué par des variétés distinctes des mitochondries, morphologiquement semblables, mais prédestinées à des fonctions spéciales et conservant chacune leur individualité au cours du développement [1]. Les plastides représenteraient donc l'une de ces variétés. Il est fort possible qu'il en soit de même dans la cellule animale, où les travaux de Regaud tendent à démontrer qu'il existe plusieurs catégories distinctes de mitochondries.

BOTANIQUE. — *Sur le carmin aluné et son emploi, combiné avec celui du vert d'iode, en Histologie végétale.* Note de M. **Robert Mirande**, présentée par M. L. Mangin.

Le carmin aluné, d'abord préconisé par Grenacher comme colorant nucléaire, a été introduit dans la technique botanique par Tangl [2] qui le donne comme un « colorant excellent des membranes cellulosiques ».

Recommandé dans chacune des éditions du *Praktikum de Strassburger* (soit selon la formule de Tangl, soit selon celle, très voisine, de P. Mayer) il est devenu l'un des réactifs les plus couramment employés en histologie végétale. Associé au vert d'iode suivant les indications du *Praktikum* (3e édition, p. 68), il fournit une différenciation commode entre les tissus lignifiés ou non, le vert d'iode se fixant fortement sur les premiers.

J'ai employé concurremment, au cours de mes essais, une solution de carmin aluné préparée selon la formule de Grenacher et une solution de carmalun de Mayer. La solution de vert d'iode provenait des établissements Poulenc. J'ai pu faire les observations suivantes :

1° *Ce carmin aluné ne colore pas la cellulose mais se fixe sur les composés pectiques.*

---

(1) Cette opinion est très différente de celle de Mottier, qui admet que les plastides ne sont pas des mitochondries. Les plastides, au contraire, ont toutes les formes caractéristiques des mitochondries de la cellule animale et leur ressemblent même davantage que les autres éléments, qui constituent avec eux le chondriome de la cellule végétale.

(2) E. Tangl, *Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.*, Band 12, p. 170.

En effet : *a*. Il ne colore pas les fibres cellulosiques pures (coton, coton à nitrer des papeteries, papier Berzélius) même après un contact de plusieurs jours, avec ou sans action préalable d'une lessive alcaline concentrée.

b. Il ne colore plus les membranes celluloso-pectiques des tissus de Phanérogames ou des cellules de Thallophytes après élimination des constituants pectiques, soit par l'action successive des acides et des bases (procédé Mangin (1)], soit par la cuisson à 300° dans la glycérine [procédé de Van Wisselingh (2)].

Si, après action du permanganate de potasse à 2 pour 100, lavage à l'eau oxygénée et à l'acide acétique à 50 pour 100, selon le procédé Mangin, on vient à traiter par l'eau ammoniacale, sous le microscope, des coupes fines de carotte préalablement colorées au carmin, on peut les voir se décolorer, tandis que les composés pectiques diffluent en entraînant avec eux le colorant qui se prend en grumeaux sous l'action de l'ammoniaque. Ceci n'aurait pas lieu si le carmin avait teint la cellulose de la membrane, car il serait alors précipité *in situ*.

c. Si, au contraire, on élimine entièrement la cellulose en laissant macérer les échantillons (coupes de carotte ou filaments de *Cladophora*) pendant plusieurs jours dans la liqueur de Schweitzer, on peut constater qu'ils se colorent ensuite par le carmin d'une façon beaucoup plus intense, alors qu'ils ne donnent plus, à l'acide iodhydrique iodé fumant, la réaction bleue caractéristique de la cellulose.

d. Enfin j'ai eu l'occasion de montrer (3) qu'un certain nombre d'algues du groupe des Siphonales (Caulerpes et Udotées) possèdent une membrane calloso-pectique, avec exclusion de la cellulose vraie. Ces membranes se colorent par le carmin aluné qui n'est pas un colorant de la callose.

e. Les colorations obtenues en l'absence de la cellulose, dans chacun des cas précédents, ne sont pas dues à la présence de substances protéiques dans les membranes examinées, car elles se manifestent très fortement quand on a pris soin de détruire ces substances par des traitements appropriés (hypochlorite, macération de Hofmeister, ou mieux oxydation prolongée par le permanganate de potasse).

Cet ensemble de faits prouve que le carmin aluné doit être considéré comme un

(1) L. Mangin, *Rech. anat. sur les composés pectiques* (*Journ. de Bot.*, 1893).

(2) Van Visselingh, *Microch. Unters. etc.* (*Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot.*, Band 21, 1898).

(3) Robert Mirande, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, t. 18, 1903, p. 147.

colorant des composés pectiques et non de la cellulose comme on le pense généralement. Je rappellerai qu'une méprise du même genre, due principalement à ce que la cellulose a été pendant longtemps considérée comme le seul constituant fondamental de la membrane, a déjà été commise par Giltay pour l'hématoxyline, Gardiner pour le bleu de méthylène et van Tieghem pour le brun vésuvien et le bleu de quinoléine (MANGIN, *loc. cit.*, p. 38).

Il faut enfin ajouter que le carmin aluné est loin de valoir comme colorant des substances pectiques le rouge de ruthénium de Mangin. Sa pénétration est toujours beaucoup plus lente, principalement si l'on a à examiner des membranes épaisses ou qui ont été longtemps conservées en herbier ou dans l'alcool. Il sera souvent nécessaire, dans ce cas, de gonfler les échantillons par un passage préalable dans une lessive alcoolique de potasse. Peut-être pourrait-on voir, dans ce phénomène d'ordre purement mécanique, l'explication du fait que le carmin ne pénètre pas dans les membranes lignifiées.

2° *La double coloration vert d'iode-carmin aluné.* — Mangin avait montré dès 1893 (*loc. cit.*, p. 37) que le vert d'iode était également un colorant des composés pectiques. Plus tard, Géneau de Lamarlière (¹), qui semble n'avoir pas connu les travaux de cet auteur, s'attache à démontrer que le vert d'iode n'est pas spécial à la lignine. Il constate que des membranes délignifiées et ne donnant plus la réaction de la phloroglucine chlorhydrique se colorent encore par le vert d'iode (et aussi par le carmin aluné).

Ces résultats, qui concordent dans leur ensemble avec ceux que j'ai obtenus, s'expliquent par la présence, dans la membrane délignifiée, de composés pectiques et non de matières azotées comme le pensait l'auteur, se basant en cela sur des colorations également communes aux substances pectiques (brun de Bismarck, bleu de méthylène). C'est aussi grâce à leur présence que les membranes normales sont uniformément colorées après un passage dans le vert d'iode.

L'élection qui se manifeste, en présence de tissus lignifiés, dans la double coloration étudiée n'en est pas moins réelle. Il était intéressant d'en faire mieux connaître le mécanisme et de souligner la relativité de cette méthode qui rend de grands services en permettant, grâce à la fréquence des composés pectiques vers les membranes végétales, de distinguer entre elles deux grandes catégories de tissus, alors, qu'en réalité, aucun des deux colorants qu'elle met en œuvre ne colore spécifiquement la substance qu'il sert à différencier.

(¹) GÉNEAU DE LAMARLIÈRE, *Rev. gén. de Bot.*, t. 15, 1903, p. 149 et 221.

BOTANIQUE. — *Sur l'évolution du chondriome et des plastes chez les Fucacées.* Note (¹) de M. G. **Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

Dans une Note précédente (²), nous avons montré l'existence des phæoplastes dans la cellule apicale des *Fucus;* nous avons dit comment évoluent ces phæoplastes : ils restent petits dans les cellules profondes et deviennent volumineux dans les cellules périphériques. Nous nous proposons aujourd'hui d'étudier, au même point de vue, les organes reproducteurs.

Les conceptacles prennent naissance, on le sait, par la fonte d'une série de cellules périphériques; il se forme ainsi une cavité dont le fond se trouve précisément tapissé par les cellules centrales du thalle. Ces cellules contiennent, outre quelques grains de fucosane, de petits plastes et des mitochondries grainuleuses (*fig.* 2).

L'oogone apparaît tout d'abord comme une papille saillante à l'intérieur du conceptacle (*fig.* 1). Les éléments qu'elle renferme sont les mêmes que ceux des cellules pariétales, dont une lui a d'ailleurs donné naissance : ce sont de petits phæoplastes (P) et des mitochondries (M); toutefois, le fucosane semble plus ou moins absent, et le cytoplasme retient assez fortement les colorants.

La papille grandit (*fig.* 2); en même temps, les plastes (P) se multiplient, comme le prouvent les figures de division, nombreuses à ce stade. Le fucosane (F) apparaît sous forme d'une fine poussière de grains colorés en jaune dans la méthode de Regaud, et dont nous n'avons pu, malheureusement, déceler l'origine. Les mitochondries granuleuses sont abondantes et augmentent quelque peu de volume en même temps que l'oogone.

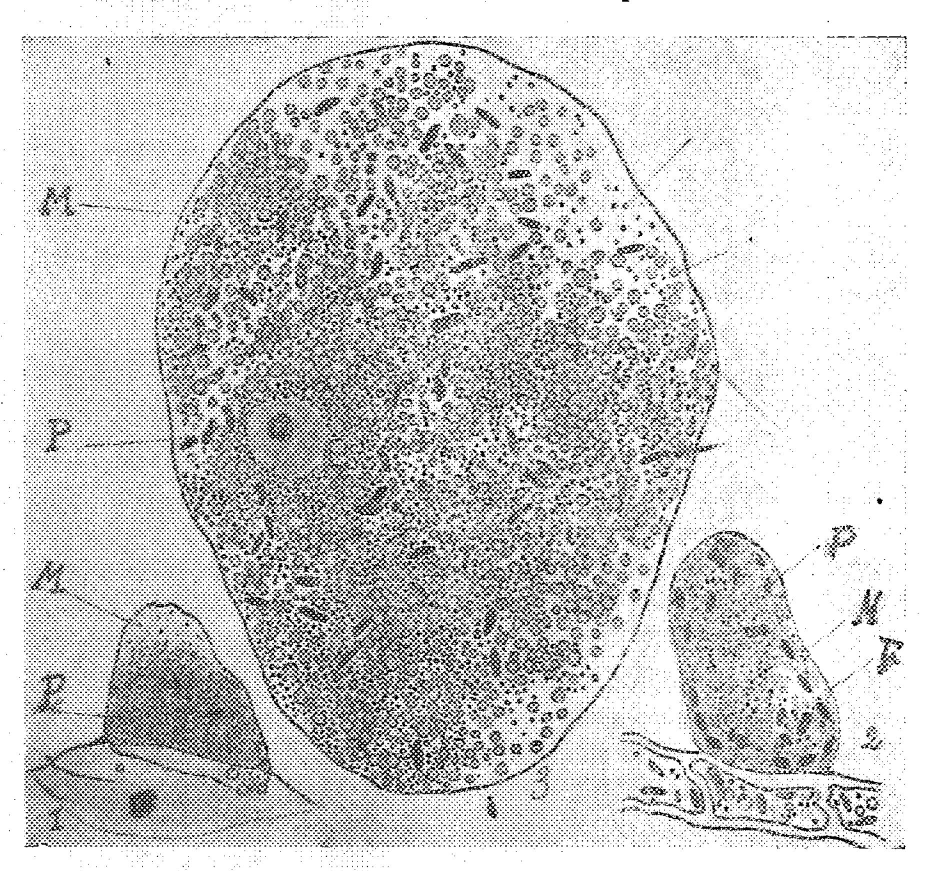
Celle-ci s'enfle toujours, tandis que les grains de fucosane deviennent beaucoup plus volumineux. Les divisions des phæoplastes se ralentissent; ceux-ci sont plus ou moins fusiformes, ils ressemblent aux plastes des tissus profonds et, comme eux, ils sont complètement déformés, sinon détruits, par les fixateurs renfermant de l'acide acétique. Dans les régions marginales, autour du noyau, et, en général, dans les parties où le fucosane est peu dense, les mitochondries granuleuses se montrent avec une netteté parfaite. Ce stade correspond à notre figure 3. Les divisions nucléaires sont alors achevées dans l'oogone et celle-ci va se segmenter en huit oosphères.

(¹) Séance du 12 janvier 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 63.

Les oosphères ont la même structure que l'oogone, comme d'ailleurs l'œuf fécondé et l'embryon. Celui-ci, en se développant, reproduit la jeune plantule étudiée précédemment.

En résumé, l'évolution du chondriome et des plastes chez les Fucacées



Oogone de *Fucus* à divers stades de son développement.

est caractérisé par les particularités suivantes : persistance des phæoplastes pendant tout le développement de la plante; mais les phæoplastes des tissus jeunes et des organes reproducteurs sont de petite taille, très sensibles aux agents chimiques; ils diffèrent nettement des phæoplastes volumineux qui se constituent à leurs dépens pour aller remplir les cellules assimilatrices de la périphérie.

A côté de ces plastes, il existe, dans toutes les cellules, un chondriome formé exclusivement de mitochondries granuleuses et dont les fonctions demeurent encore inconnues.

MYCOLOGIE. — *La famille des Parodiellinacées (Pyrénomycètes).* Note de M. G. Arnaud, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons créé récemment (¹) cette famille en rapprochant un certain nombre d'espèces dispersées jusque-là dans divers groupes de Pyrénomycètes. Nous avons placé provisoirement la famille dans l'ordre des Hypocréales; dans le travail cité nous lui avons rattaché, avec doute, les Érysiphacées; actuellement, nous croyons pouvoir être plus affirmatif sur ce dernier point. En groupant les espèces autour de quatre genres principaux, on peut former autant de tribus (Bagnisiopsidées, Parodiellinées, Parodiopsidées, Érysiphées) qui seront définies plus loin.

Dans la famille ainsi constituée, certains caractères sont à peu près généraux, d'autres spéciaux à certains types :

1° Le mode de vie est remarquablement uniforme; toutes les espèces sont des parasites des plantes vasculaires et surtout de leurs feuilles; le mycélium interne est différencié en vue du parasitisme comme le montre la présence de suçoirs de forme définie pour une même espèce.

2° Une matière colorante spéciale, probablement complexe, imprègne la paroi des conceptacles (et, dans les échantillons d'herbier au moins, le contenu cellulaire); elle est partiellement soluble dans l'alcool à 70° et présente souvent une teinte vive (rouge, vert jaune, etc.); parfois, cependant, elle est d'un vert brun foncé paraissant noir. Cette matière colorante est plus ou moins abondante; chez les Érysiphées, en général, elle existe seulement dans les conceptacles; elle colore en jaune d'or les gouttelettes oléagineuses chez le *Microsphæra Quercina* (Schw.) Burrill, l'*Uncinula Salicis* (D. C.) Wint. (échantillons secs), etc.

3° Les fructifications ont une consistance variable; souvent charnue, parfois membraneuse et presque carbonacée. L'évolution du groupe paraît avoir été analogue à celle des Microthyriacées; des formes stromatiques incluses dans l'hôte sont dérivées des types à conceptacles uniloculaires de plus en plus réduits dans leur paroi, dans le nombre d'asques, avec tendance pour le champignon à devenir extérieur à l'hôte et à former un mycélium superficiel, tout en réduisant le mycélium interne; les Érysiphées présentent les termes les plus évolués, avec les genres où les « périthèces » n'ont qu'un

(¹) G. Arnaud, *Les Astérinées*, I (1918), Montpellier.

seul asque (*Sphærotheca*) et une paroi mince. Cette évolution est probablement celle de tous les groupes de Pyrénomycètes, parasites des végétaux supérieurs, les formes dites *simples* seraient dérivées des formes stromatiques.

Les conidiophores jouent dans la multiplication des Parodiellinacées un rôle de plus en plus considérable, tandis que ces organes sont très rares chez les Microthyriacées.

4° Les rapports de la structure avec le climat sont un peu différents de ceux qui se présentent chez les Microthyriacées où la présence d'un mycélium superficiel est nettement en rapport avec un climat pluvieux. Deux tribus de Parodiellinacées ont un mycélium superficiel; *a*. Les Parodiopsidées sont localisées dans les régions pluvieuses; mais ces champignons se trouvent surtout à la face inférieure des feuilles, les hyphes sont entrelacées et la présence de conidies à dispersion aérophile indique une adaptation moins étroite à une grande pluviosité; *b*. les Érysiphées existent dans les régions pluvieuses (où se produisent du reste des périodes plus ou moins sèches), mais elles sont abondantes dans des régions modérément humides; il est probable que la paroi de leur mycélium, peu perméable (et aussi difficilement mouillable), réfringente et leur évolution rapide les protège contre le climat; leurs conidies, extrêmement abondantes, prédominant dans la multiplication, sont à dispersion aérophile.

5° Les relations entre le mycélium externe et la partie interne s'établissent toujours par les stomates chez les Parodiopsidées connues; on sait (d'après Palla, Salmon, etc.), qu'il en est ainsi chez quelques rares Érysiphées, tandis que les autres plantes de la même tribu percent la cuticule de l'épiderme.

6° La répartition des genres actuellement connus peut être faite de la manière suivante : *a*. *Bagnisiopsidées*, à stroma pluriloculaire, d'abord inclus dans l'hôte, sans mycélium externe (g. *Bagnisiopsis* Th. et Syd.); *b*. *Parodiellinées*, à conceptables uniloculaires, émergents, sans mycélium externe; l'un des genres a des ascospores unicellulaires (*Parodiellina* P. Henn.), l'autre les a bicellulaires (*Chevalieria*) nov. gen.); *c*. *Parodiopsidées*, à conceptacles unicellulaires, sans fulcres, mais souvent entourés de

(¹) *Chevalieria* n. g., Parodiellinacées à conceptacles externes, disposés sur un stroma émergent, sans paraphyses; ascospores bicellulaires. Genre dédié au collecteur de l'espèce type : *Ch. ctenotricha* nob. (= *Dimerosporium ctenotrichum* Har. et Pat.).

soies mycéliennes et toujours placés sur un mycélium externe coloré; conidies colorées, cloisonnées (g. *Parodiopsis* Maubl., *Perisporiopsis* P. Henn? *Perisporina* P. Henn, et, peut-être, les genres *Pilgeriella* P. Henn et *Nematothecium*); *d. Erysiphées*, à conceptacles unicellulaires, pourvus de fulcres et insérés sur un mycélium externe, en général incolore; conidies incolores et unicellulaires (= *Erysiphacées* sens. Salmon : g. *Erysiphe*, *Uncinula*, *Microsphaera*, etc.).

En résumé, les Parodiellinacées paraissent avoir subi une évolution morphologiquement analogue à celle des Microthyriacées, mais avec une adaptation secondaire des formes à mycélium, externe à un climat relativement sec. Dans cette hypothèse, les Érysiphées représentent les termes les plus évolués de la série; la simplicité apparente de leurs conceptacles n'est que le résultat d'une réduction des parties stromatiques; ce ne sont pas des Pyrénomycètes inférieurs comme on l'admet en général, et il y a peu de chances de trouver chez elles la structure primitive du périthèce des Pyrénomycètes.

ANTHROPOMÉTRIE. — *Étude anthropométrique de* 136 *Tunisiens indigènes*. Note de MM. **A. Marie** et **Léon Mac-Auliffe**, présentée par M. Edmond Perrier.

Poursuivant nos recherches d'anthropologie ethnique [1], nous avons étudié 136 hommes indigènes tunisiens dont les fiches nous ont été fournies par le service d'identité judiciaire de Tunis. Ces hommes sont tous âgés de plus de 21 ans et de moins de 50.

Voici le résultat succinct des mensurations :

La taille moyenne des Tunisiens est $1^{m},681$ et dépasse ainsi de plus de 2^{cm} la taille moyenne des Français.

Les indices céphalométriques offrent aussi de grandes divergences avec ceux de notre pays. D'après les recherches d'A. Bertillon sur 100000 Français, l'indice céphalique le plus souvent observé oscille entre 82,35 et 85,75. Or l'indice moyen des indigènes tunisiens est de 75,12.

Les mensurations que nous avons publiées antérieurement nous permettent de faire les comparaisons suivantes. On trouve pour 100 :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 631.

	Sur 335 Français.	Sur 136 indigènes tunisiens.
Hyperbrachycéphales (indice de plus de 85)...	23,90	1,47
Brachycéphales (de 80 à 85)................	50,14	4,40
Mésocéphales (de 75,1 à 79,9)...............	23,38	48,12
Dolichocéphales (jusqu'à 75)................	2,68	45,51

Les rapports sont donc presque inverses dans les deux races.

A. Bertillon envisage comme exceptionnel chez les Français un indice céphalométrique inférieur à 75 et nos propres recherches sont venues confirmer ses vues. Or, non seulement 45,51 pour 100 des indigènes tunisiens présentent un indice inférieur à 75,1, mais 10 ont un indice inférieur à 70, l'indice le plus faible observé étant de 66,3.

De pareils chiffres ne se rencontrent dans aucun de nos départements, même choisis parmi ceux à indice le plus faible, comme les Pyrénées-Orientales.

Le diamètre bizygomatique des indigènes tunisiens est très faible : moyenne, 136^{mm} (moyenne sur 100000 Français, d'après Bertillon, 139^{mm}). Le chiffre obtenu à Tunis se rapproche de la moyenne espagnole ($135^{mm},9$) et ne se rencontre en France que dans certains arrondissements limitrophes du territoire espagnol. En effet, les photographies indiquent une prédominance des faces longues chez les Tunisiens.

La couleur de l'œil est caractéristique. La proportion d'iris pigmentés de châtain ou de marron est, chez les Tunisiens, de 94,09 pour 100. Elle n'est en France que de 40 pour 100; aucun de nos départements ne nous rapproche de la moyenne tunisienne, le maximum d'iris châtain-marron étant de 62,50 pour 100 dans l'arrondissement de Bastia (Corse), et sur le continent de 60,35 pour 100 (arrondissement de Montpellier). La moyenne espagnole elle-même est beaucoup moins élevée que la tunisienne : 62,68 pour 100 d'après Bertillon.

A taille égale, la comparaison des mensurations indique chez l'indigène tunisien, par rapport au Parisien (pris par Bertillon comme prototype du Français), un type à buste court et étroit, à grande coudée, à membres inférieurs longs, à oreilles plutôt petites, dont voici les moyennes : taille, $1^{m},681$; envergure, $1^{m},717$; buste, $0^{m},887$; coudée, $0^{m},465$; pied, $0^{m},262$; longueur de tête, $0^{m},193$; largeur de tête, $0^{m},145$; diamètre bizygomatique, $0^{m},136$; médius, $0^{m},113$; auriculaire, $0^{m},088$; longueur d'oreilles, $0^{m},061$.

Fait curieux, dans cette race en majorité dolichocéphale, le corps s'allonge en raison directe de la dolichocéphalie, ainsi que le montrent les moyennes suivantes :

	Dolichocéphales.	Mésocéphales.	Brachycéphales.
	m	m	m
Taille	1,686	1,681	1,649
Buste	0,893	0,884	0,881
Envergure	1,724	1,710	1,700
Coudée	0,466	0,465	0,462
Médius	0,114	0,114	0,110
Auriculaire	0,089	0,088	0,087
Pied	0,263	0,262	0,249
Longueur de tête	0,196	0,192	0,190
Largeur de tête	0,142	0,148	0,153
Diamètre bizygomatique	0,134	0,137	0,140
Longueur d'oreilles	0,061	0,060	0,059

ZOOLOGIE. — *Sur des ossements subfossiles de Poissons des Pays-Bas du Tchad et leur signification.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. E. Perrier.

La mission de l'Institut de France en Afrique centrale, dirigée de 1912 à 1917 par le lieutenant-colonel Tilho, a rapporté au Muséum un certain nombre d'ossements de Poissons. Ceux-ci ont été récoltés au nord-est du Tchad, en plusieurs points de la vaste région aujourd'hui complètement désertique comprise entre le lac lui-même et le Borkou et pittoresquement désignée par le chef de l'expédition, à cause de sa faible altitude, sous le nom de *Pays-Bas du Tchad* (¹). L'origine de ces divers fragments provenant de localités fort distantes les unes des autres est assez difficile à préciser, mais semble pour la généralité relativement très récente; je crois donc pouvoir les considérer dans leur ensemble comme subfossiles et les rapporter sans erreur à des formes encore actuellement vivantes dans les eaux douces africaines. Ainsi se trouvent complétés et précisés les quelques documents déjà signalés de ces contrées par le regretté Priem (²).

Dira. — Les ossements récoltés dans cette localité par la mission Tilho se rapportent

(¹) Tilho, *Une mission scientifique de l'Institut de France en Afrique centrale* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 984 et 1081).

(²) Priem, *Sur des Poissons fossiles et en particulier des Siluridés du Tertiaire supérieur et des couches récentes d'Afrique* (*Mém. Soc. Géol. Fr. Paléont.*, XXI, 3, 1914, Mém. 49, p. 10). M. Priem considère comme subfossiles des ossements rapportés du Toro et de l'Eguei par M. Garde, comme pliocènes, pléistocènes ou même subfossiles ceux recueillis au Djourab et au Borkou par M. Fourneau et le Dʳ Ruelle.

à un grand Serranidé, la Variole ou Perche du Nil (*Lates niloticus* L.) et à un Siluridé du genre *Synodontis*. Ceux de *Lates* sont d'abord une portion de crâne ayant appartenu à un individu de dimensions très considérables. Ce fragment qui représente seulement le tiers postérieur de l'organe mesure, en effet, 15^{cm} de longueur, ce qui donne pour la tête du Poisson près de 50^{cm} et pour sa longueur totale de 1^{m},50 à 1^{m},65, bien près de la taille maxima, 1^{m},80, atteinte par l'espèce (¹). En outre, deux grosses vertèbres abdominales me paraissent se rapporter à un Poisson de proportions analogues. Le corps de la plus grosse (5e ou 6e abdominale ou précaudale) ne mesure pas moins de 40^{mm} de haut sur 59^{mm} de large et 40^{mm} d'épaisseur, la neurépine fait dans son entier 120^{mm}. M. Priem a décrit et figuré des vertèbres analogues du Chalouf (Égypte), du Borkou et du Toro sans les déterminer de façon précise. Pour moi, je les attribue à la Perche du Nil, le plus gros Poisson vivant actuellement dans le lac Tchad et dont le nombre des vertèbres est peu élevé : 26. Les gros Siluridés dépassant 1^{m}, qu'on rencontre dans ce bassin et qui seuls pourraient rivaliser avec le *Lates* sous le rapport de la taille, ont des vertèbres en bien plus grand nombre et par conséquent celles-ci sont de proportions moindres (*Clarias :* 60 à 78; *Heterobranchus :* 60 à 65; *Bagrus :* 52 à 57; *Auchenoglanis :* 43 à 48).

Une épine de la nageoire pectorale gauche trouvée également à Dira doit être rapportée à un *Synodontis* de taille moyenne, 25^{cm} environ. Étant donné que, comme je l'ai indiqué [2], il n'existe pas moins de huit espèces de ce genre dans le Tchad, il ne me paraît pas possible d'arriver à une détermination spécifique exacte.

Beurfou (*Est de Dira*). — Une quatrième vertèbre abdominale a dû appartenir à un *Lates niloticus* L. de 1^{m} environ. Dans la même localité ont été recueillies des coquilles de Mollusques déterminées par M. Germain et qui vivent encore dans le Tchad : *Cleopatra bulimoides* Oliv. et *Vivipara unicolor* Oliv.

Siltou (*Nord de l'Éguei*). — Les fragments récoltés (aiguillons de la dorsale et des pectorales, prolongements huméraux) se rapportent tous à des *Synodontis* de petite taille, 15^{cm} à 20^{cm}.

Entre Hangara et Siltou. — Une vertèbre abdominale antérieure incomplète doit provenir d'un *Lates* de grande taille, 1^{m},25 environ.

Entre Ouani et Timidinga. — La mission Tilho a recueilli là encore des débris de vertèbres de *Lates* atteignant 1^{m}.

Broulkong (*Djourab*). — Divers fragments osseux (vertèbres, aiguillon pectoral) proviennent sans doute de Siluridés. On distingue nettement un dentaire que je crois pouvoir attribuer à un *Clarias* de taille moyenne, 60^{cm}.

De l'étude de ces matériaux, il résulte qu'à une époque relativement

---

(¹) Boulenger, *Cat. Freshwater Fishes Africa*, 1915, III, p. 105.

(²) J. Pellegrin, *Nouvelle contribution à la faune ichtyologique du lac Tchad* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 663).

proche, le régime hydrographique des régions aujourd'hui arides et desséchées s'étendant au nord et au nord-est du Tchad était complètement différent de ce qu'il est aujourd'hui. La découverte de ces ossements subfossiles vient confirmer ce qu'avaient déjà fait prévoir les observations altimétriques du lieutenant-colonel Tilho (1). Seule, en effet, une série de grands lacs pouvait abriter des Poissons de forte taille comme les *Lates* qui exigent pour subsister de vastes étendues d'eau (2). Actuellement ces grosses espèces ne se rencontrent plus que dans le Tchad lui-même ou ses affluents du Sud et de l'Ouest. Quelques formes, en général assez petites, ont pu, comme je l'ai montré (3), se maintenir encore jusqu'à nos jours, à la périphérie du bassin, en quelques rares points d'eau du Borkou ou des massifs montagneux du Tibesti et de l'Ennedi.

Les échantillons rapportés des localités intermédiaires par les divers explorateurs et notamment par la dernière mission Tilho permettent maintenant de reconstituer la liaison.

ZOOLOGIE. — *Régime alimentaire de la perche malgache.* Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La perche malgache (*Paratilapia Polleni* Bleeker) appartient au groupe des Paratilapies de la famille des Cichlidés. J'ai décrit ici (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 617) les particularités de sa reproduction; j'étudierai aujourd'hui son régime alimentaire.

Comme tous les percoïdes, le cichlidé malgache est surtout carnivore; il ne l'est toutefois pas strictement comme l'*Eleotris Legendrei* Pellegrin qui habite les mêmes eaux que lui, il mange également des végétaux, surtout à la saison chaude. En fait d'aliments carnés il préfère les poissons et les insectes, ainsi que le montre le Tableau ci-dessous.

(1) Une Note ultérieure fera connaître ce qu'a pu être jadis le régime hydrographique de ces régions.

(2) Sous ce rapport des Siluridés comme les *Clarias* pouvant vivre longtemps hors de l'eau et s'accommoder de petites mares ou de marécages sont bien moins intéressants. Les *Synodontis* sont déjà beaucoup plus fluviatiles.

(3) J. Pellegrin, *Sur la faune ichtyologique du Sahara oriental* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 961).

	Nombre de poissons examinés.	Contenu du tube digestif (pour 100) Poissons.	Insectes.	Végétaux.	Vide.
Du 5-6 au 16-9........	69	51	66	6	8,5
Du 16-9 au 12-11.....	54	61	54	17	7,5
Du 12-11 au 14-1.....	69	38	83	54	6

Observations. — Il est évident que poissons, insectes et végétaux se trouvent souvent réunis dans le tube digestif du même marakelle.

Mes examens ont été pratiqués sur des poissons vivants ou frais provenant des lacs ou des marais du district de Tananarive. La perche malgache, en effet, se cantonne dans ces pièces d'eau; elle est très casanière, ne s'aventure que rarement dans certains canaux proches, jamais dans les cours d'eau. Elle ne pénètre même pas dans les rizières attenantes au marais qu'elle habite, elle n'y suit pas le cyprin au moment de son exode dans ces cultures irriguées. Sur 192 perches examinées, 94 avaient dévoré des poissons : 84 fois des cyprins, 3 fois des marakelles, 7 fois des éléotris; pendant la période du 12 novembre au 14 janvier, qui couvre les deux premiers mois de la saison chaude, il ne fut même trouvé que des cyprins, en fait de poissons, dans le tube digestif des perches soumises à l'examen.

La perche malgache épargne donc ceux de son espèce et fait peu de tort au petit gobiidé dont j'ai signalé les mœurs de cannibale. Par contre, le cyprin doré (*Carassius auratus* Linné), qui fut introduit à Tananarive en 1861 par Jean Laborde, fait presque tous les frais des goûts ichtyophages du cichlidé.

La présence du cyprin dans l'estomac ou l'intestin du marakelle se révèle par du chyme crémeux compact et par des écailles cycloïdes agglomérées en piles comme une monnaie de petite dimension. Ces écailles, de 2^{mm} à 6^{mm}, parfois de 7^{mm} à 8^{mm} de diamètre, distendent fortement l'intestin au point où elles sont accumulées; il y en a souvent deux ou trois piles successives. On trouve de ces écailles même dans le tube digestif de perchettes ne mesurant que 35^{mm}; la taille moyenne des Paratilapies cyprinivores examinés a varié de 6^{cm} à 12^{cm}. Dans l'intestin flexueux du cichlidé, la proie doit séjourner plus longtemps que dans le tube digestif très court de l'Éléotris, elle est bien digérée et il n'arrive pas d'y rencontrer des victimes presque intactes, comme chez l'autre poisson.

La *grenouille* n'est un aliment que pour les gros marakelles; deux fois seulement j'ai trouvé de ces batraciens (de 4^{cm} à 5^{cm}) dans l'estomac de

deux perches mesurant respectivement 13^{cm} et 17^{cm}. Les perches de petite et moyenne taille dédaignent les têtards.

Il est moins exceptionnel, quoique rare, de trouver des crevettes dans le tube digestif du « foune ».

Les *insectes* par contre, et parmi eux ceux à tégument mou tels que les larves de chironomes et de culicides, entrent pour une grosse part dans l'alimentation du cichlidé. Malgré que j'aie compté jusqu'à 30 larves de chironomes dans son tube digestif, il en fait toutefois une moins grande consommation que l'Éléotris. Dans les marais qu'habite la perche, les larves de moustiques sont moins nombreuses que les vers de vase rouges ou noirs. Moins exclusif que le gobiidé, le Paratilapie ne dédaigne aucun des insectes aquatiques; hémiptères, coléoptères, névroptères, il avale tout; les riverains du grand lac Alaotra amorcent leur ligne à main avec une larve de libellule; dans la région de Tananarive on le pêche uniquement au ver de terre.

L'ichtyophagie de la perche, quasi bornée au cyprin, pose la question de savoir comment elle satisfaisait son appétit pour le poisson avant l'acclimatation de la dorade de Chine, question qui pourra être résolue partiellement par l'examen du contenu du tube digestif du marakelle dans les districts où le poisson rouge n'existe pas.

Le petit éléotris autochtone qui habite les mêmes eaux que la perche, et qu'on trouve, 7 fois sur 94, dans son estomac, était-il plus souvent dévoré avant l'introduction du cyprin? Question qui doit être tranchée par l'observation et l'expérimentation scientifiques et dont on ne doit pas demander la solution à l'indigène.

Ce fait que le marakelle a adopté le cyprin comme aliment principal montre bien l'influence que peut avoir l'acclimatation d'une espèce nouvelle sur la faune ichtyologique d'une région. Dans le cas actuel, elle paraît avoir été très favorable, malgré que les malgaches prétendent le contraire; mais ils ont sur toutes choses des opinions si régulièrement erronées qu'ils accuseraient aussi bien la souris d'être nuisible au chat ou le lapin au chien. Ils soutiennent avec ténacité que les œufs de cyprin séjournent dans le sol dur comme brique des rizières à sec pendant 6 mois, entre deux saisons rizicoles, et c'est par la conservation de ces œufs dans ce milieu qu'ils expliquent le retour annuel spontané des cyprins dans certaines rizières où les poissons accèdent tout bonnement avec l'eau des canaux d'irrigation.

L'inexactitude de l'opinion indigène, quant à l'influence du cyprin sur la

perche, est démontrée par le laboratoire (voir Tableau) et par la pratique. Dans un lac du Mantasoa surpeuplé de cyprins et de goujons (*Eleotris Legendrei*) neuf perches que j'ai déposées en mai 1914 s'y sont rapidement multipliées, et l'on en pêche aujourd'hui couramment. Il est certain que le cyprin prélève, sous forme d'insectes, une part de la nourriture autrefois dévolue au cichlidé, mais il la lui restitue largement par l'apport non limité de sa propre chair. Par contre, il ne m'est jamais arrivé de trouver des perches, même à l'état d'œufs ou d'avelins, dans le tube digestif des nombreux cyprins que j'avais autopsiés. Il est imprudent de reproduire en ces matières l'opinion aveugle des indigènes de la Grande Ile.

Le genre d'alimentation et le genre de vie du Paratilapie de Pollen laissaient prévoir qu'il s'accommoderait du parcage dans les rizières. De fait, les expériences de rizipisciculture effectuées avec lui et dont j'ai exposé les résultats dans le *Bulletin de la Société zoologique* (t. 48, 1918, p. 204) démontrent que ce poisson est capable de vivre, de frayer et de croître rapidement dans les rizières si l'on prend la peine de le déposer.

Dans les districts où la perche existe à côté du cyprin, il est donc à conseiller aux indigènes de pratiquer l'élevage combiné et intensif de ces deux espèces comestibles dans les mêmes rizières.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1919.

Précis de biochimie, par E. Lambling. Paris, Masson, 1919; 1 vol. 20^{cm}. (Présenté par M. Haller.)

Observations des orages de 1918 *dans les départements de la Gironde et partie de la Dordogne; expérience des paragrêles électriques.* Extrait du *Bulletin de la commission météorologique de la Gironde* (année 1918). Bordeaux, Gounouilhou, 1919; 1 fasc. 24^{cm}. (Présenté par M. Violle.)

Les gîtes minéraux, par Stanislas Meunier. Paris, Dunod et Pinat, 1919, 1 vol. 25^{cm}.

Manuel de chimie analytique, par F.-P. Treadwell, 2e édit. revue et refondue par Marcel Boll; tome II : *Analyse quantitative.* Paris, Dunod et Pinat, 1919; 1 vol. 20^{cm}. (Présenté par M. Haller.)

Marégraphe plongeur. Appareil enregistrant les marées sur les côtes et au large, par L. Favé. Extrait des *Annales hydrographiques*, 1919. Paris, Imprimerie nationale, 1919; 1 fasc. 25^{cm}.

Relations remarquables entre les éléments du système solaire, par Lucien Demozay. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Baillaud.)

Universitatum et eminentium scholarum Index generalis. Annuaire général des universités, publié sous la direction de R. de Montessus de Ballore, avec l'encouragement du Ministère de l'instruction publique. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 18^{cm}. (Présenté par M. Appell.)

Proceedings of the medical conference held at the invitation of the Committee of Red cross societies Cannes, France, April 1 *to II*, 1919. Published by the League of Red cross societies, Geneva, Switzerland, 1919; 1 vol.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JANVIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur un tube de Pitot intégrateur pour la mesure de la vitesse moyenne des courants variables.* Note de M. YVES DELAGE.

Le tube de Pitot, surtout avec la modification introduite par Darcy, permet de mesurer assez correctement la vitesse des courants constants. Cependant, même dans ces conditions, il présente divers inconvénients. Sans parler des incertitudes de sa graduation expérimentale par le procédé habituel, qui néglige les enseignements du paradoxe de Dubuat, les oscillations incessantes de son niveau rendent difficile l'évaluation du niveau moyen. Ces inconvénients deviennent bien plus graves quand le courant présente des variations de vitesse importantes et irrégulières dans le court espace de temps d'une expérience, ainsi que cela a lieu pour les courants de marée. Tous les pêcheurs ont constaté que, lorsqu'ils immergent une ancre munie d'une bouée juste assez forte pour émerger à un moment donné de la marée, cette bouée présente à ce moment des alternatives d'émersion et d'immersion qui démontrent des variations correspondantes dans la vitesse du courant.

Or, si l'on appelle V la vitesse du courant et H la hauteur de l'eau dans le tube au-dessus du niveau extérieur, H étant proportionnel non à V, mais à V^2, la moyenne des valeurs de H dans un courant variable est proportionnelle, non à la vitesse moyenne, mais à la moyenne des carrés des vitesses, ainsi que l'a fait remarquer fort justement M. Rateau; et la connaissance de la moyenne des carrés ne suffit pas pour obtenir par le calcul la détermination de la moyenne des vitesses. Pour y parvenir, il faudrait enregistrer la courbe des valeurs successives de H et prendre la moyenne des ordonnées

d'une courbe corrigée, dont chaque ordonnée serait la racine arithmétique de l'ordonnée correspondante de la courbe initiale. Tout cela serait d'une réalisation difficile et, en tout cas, laborieuse et compliquée. Le dispositif présenté ici a pour but de résoudre cette difficulté, en fournissant de façon automatique les résultats demandés.

Supposons un tube de Pitot dont l'orifice supérieur soit exactement au niveau de l'eau ambiante et imaginons que l'eau déversée par suite de la dénivellation H puisse être recueillie sans se mélanger à celle-là. Continuons à appeler V la vitesse du courant, H la hauteur à laquelle l'eau monterait dans le tube au-dessus du niveau ambiant si le tube s'élevait assez haut pour la contenir, et désignons par U la vitesse d'écoulement hors du tube de Pitot et par Q la quantité d'eau déversée par ce tube : Q sera proportionnel U; U et V seront proportionnels l'un à l'autre, en tant que proportionnels l'un et l'autre à $\sqrt{H}$ et par conséquent Q sera proportionnel à V. Par suite, quelles que soient les valeurs successives de V au cours d'une expérience, la moyenne de ces valeurs sera proportionnelle à la valeur moyenne de Q, c'est-à-dire au quotient de Q par le temps; et l'objection de M. Rateau est exclue. Dès lors, on peut écrire $V = \rho Q$, V désignant ici la vitesse moyenne du courant variable, Q la quantité totale d'eau déversée pendant l'expérience et ρ étant un coefficient numérique qui doit être déterminé expérimentalement par des essais où V et Q sont mesurés directement.

Dans un milieu aussi instable que la mer, il paraît difficile de maintenir l'orifice supérieur du tube de Pitot exactement au niveau de l'eau ambiante. Cependant cette difficulté n'est peut-être pas impossible à surmonter.

Les causes de dénivellation entre l'orifice supérieur du tube et le niveau ambiant sont au nombre de trois : 1° la variation incessante du niveau de la mer en un point donné par suite du progrès de la marée et par suite de la houle, qui n'est totalement absente que dans des circonstances très rares; 2° les vagues minuscules qui, même par les plus beaux temps, viennent rider la surface de l'eau, sauf dans des circonstances non moins exceptionnelles; 3° l'alourdissement progressif de l'appareil au cours d'une expérience par le fait qu'il doit emmagasiner dans un réservoir, solidaire de ses autres parties, l'eau incessamment déversée par le tube de Pitot.

1. La première difficulté est très facile à résoudre : il suffit de soutenir l'appareil au moyen d'un flotteur assez puissant, qui rendra invariable la position de l'orifice supérieur du tube par rapport à l'eau ambiante. Ce

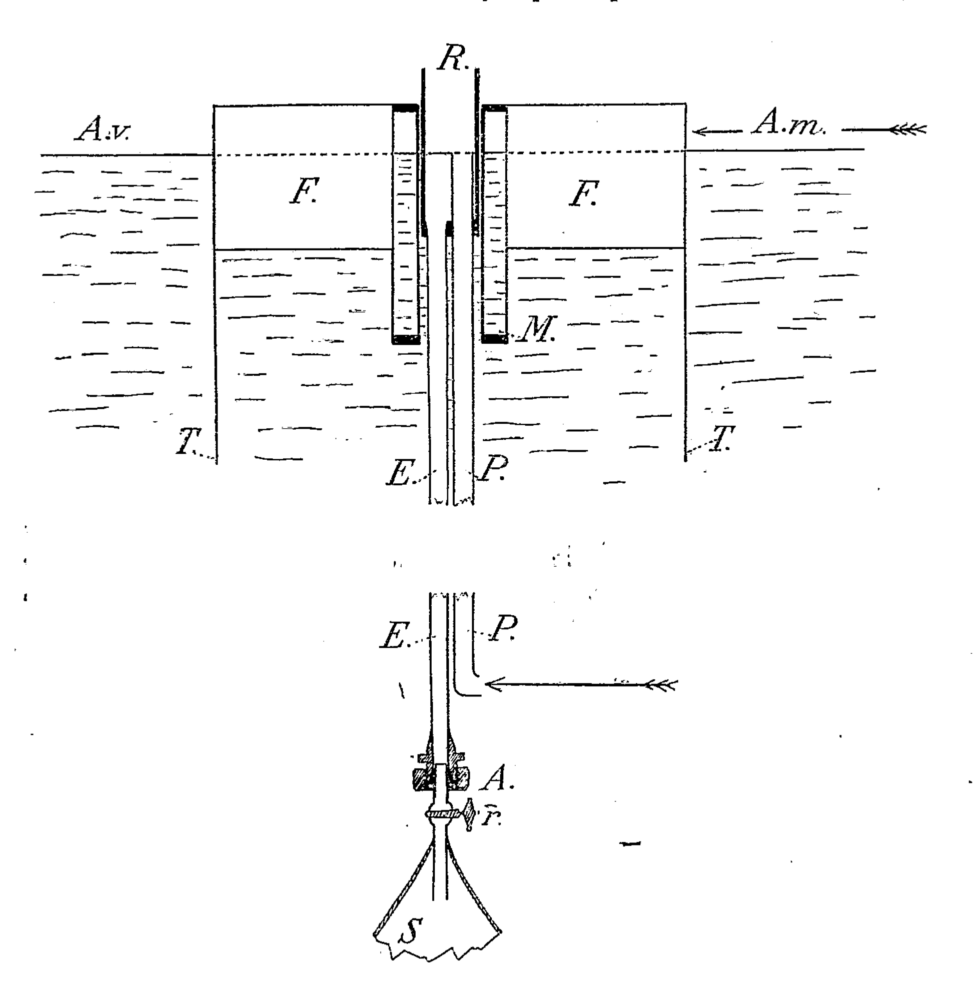
flotteur, pour être bien invariable, est formé d'une boîte cylindrique en cuivre mince, parfaitement étanche. Pour empêcher l'appareil d'être entraîné par le courant, il suffit de le relier à un point fixe par une ficelle horizontale s'attachant à l'appareil par une extrémité bifurquée au-dessus et au-dessous du centre de poussée, point qu'il est facile de déterminer par tâtonnements.

2° Pour supprimer l'effet des rides de l'eau, on peut avoir recours à un procédé bien connu de tous ceux qui s'occupent de zoologie marine. Lorsque, penché sur le bord du bateau, on cherche à voir le fond, on en est empêché par les rides de la surface qui déforment les images et les brouillent de façon incessamment variable. Pour voir nettement le fond jusqu'à une distance qui peut atteindre quelques mètres, il suffit de plonger verticalement dans l'eau un tube cylindrique, tel qu'un gros tuyau de poêle, et de s'encadrer la figure dans l'orifice supérieur. La vision du fond devient alors très nette par suppression des rides de la surface. Pour obtenir cet avantage, il suffit de donner au flotteur la forme d'un cylindre large et court, à axe vertical, dont la paroi latérale se prolonge vers le bas en un court tube vertical. Le flotteur F, prolongé en bas par un tablier cylindrique T, est percé d'un large orifice central isolant, à son intérieur, une petite lagune L communiquant largement par le bas avec la mer, mais où les rides de la surface n'ont pas accès. On pourrait même, s'il en était besoin, répandre à sa surface quelques gouttes d'huile. C'est dans cet espace central que débouche le tube de Pitot, P.

3° La troisième difficulté semble la plus embarrassante. Pour permettre de recueillir l'eau déversée par le tube de Pitot, celui-ci doit être enfermé dans un tube de diamètre plus large, complètement clos en bas, tout en laissant libre l'extrémité inférieure du tube de Pitot, et s'élevant en haut à quelques centimètres au-dessus du niveau de la mer. Ainsi, l'eau déversée est bien recueillie, mais on n'empêche pas qu'elle ne s'ajoute au poids de l'appareil et ne le fasse s'enfoncer peu à peu. Cet enfoncement peut être réduit à peu de chose si le flotteur a des dimensions assez grandes; mais ce n'est là qu'une solution incomplète et je suggère un procédé plus exact.

Le réservoir R, enchâssant la partie supérieure du tube de Pitot, ne descend qu'à quelques centimètres au-dessous du niveau de la mer; de son fond fermé part un tube évacuateur E s'ouvrant exactement au niveau du fond du réservoir et descendant au côté aval du tube de Pitot et un peu plus

bas que son orifice inférieur, de manière à ne gêner en rien son fonctionnement. Ce tube est relié par un ajutage A, étanche mais démontable et muni d'un robinet r, à un sac en caoutchouc S, dont la paroi est d'épaisseur telle que, par son élasticité, le sac reste ouvert dans l'air, et même sous quelques centimètres d'eau, mais soit assez souple pour que sa cavité soit complète-



ment effacée et devienne virtuelle sous la pression des quelques décimètres d'eau qui le séparent de la surface. Dans ces conditions, l'eau déversée par le tube de Pitot s'engage dans le tube évacuateur E, arrive jusqu'au sac et y pénètre par le fait que sa pression, lorsqu'elle remplit le tube E, jointe à la force élastique des parois de caoutchouc, dépasse la pression de l'eau extérieure. Dès lors, toute masse d'eau arrivant jusqu'au sac y pénètre et

augmente son volume d'une quantité égale au sien; et, en vertu du principe d'Archimède, le poids total de l'appareil reste invariable. Quand on relève l'appareil, la pression de l'eau extérieure diminuant, ce qui se trouve dans le tube d'évacuation achève de tomber dans le sac. Il suffit alors de fermer le robinet r et de dévisser celui-ci avec son ajutage, de l'assécher extérieurement et de le peser pour avoir la quantité d'eau déversée Q sans aucune des pertes qui pourraient résulter d'un transvasement.

Le réglage du tube de Pitot, juste au niveau de l'eau ambiante, peut se faire avec une grande précision au laboratoire en eau calme. Il est facilité par le fait que le réservoir R, solidaire du tube de Pitot P, n'est pas invariablement fixé au flotteur, mais glisse à frottement dans un manchon M, solidaire du flotteur, ce qui permet de faire varier à volonté la hauteur du tube de Pitot par rapport au flotteur. Cependant, en dépit de toutes les précautions, il semble impossible, surtout en raison du ménisque déterminé par les attractions capillaires, de régler l'orifice supérieur exactement au niveau de l'eau ambiante. Il est donc prudent de prévoir une différence de niveau $\pm h$, et il paraît raisonnable de fixer à environ un quart de millimètre la valeur de h. Examinons l'importance de la cause d'erreur ainsi introduite.

Soit V la vitesse du courant et V′ la vitesse inexacte résultant de l'erreur introduite par la dénivellation $\pm h$. Nous avons

$$V = \sqrt{2gH}$$

et

$$V' = \sqrt{2g(H+h)}.$$

La différence entre V et V′ constitue l'erreur dont nous voulons connaître l'importance. On peut toujours imaginer un nombre n tel que

$$V'\left(1 \mp \frac{1}{n}\right) = V, \qquad \text{ou} \qquad V' = \frac{V}{1 \mp \frac{1}{n}},$$

et l'on peut écrire

$$\frac{V}{1 \mp \frac{1}{n}} = \sqrt{2g(H \pm h)}.$$

Or, $2gH = V^2$ et, en C. G. S., $h = 0,025$, en sorte que $2gh$ est invariablement égal à 49, et l'on a

$$\frac{V}{1 \mp \frac{1}{n}} = \sqrt{V^2 \pm 49},$$

d'où

$$\mp \frac{1}{n} = -1 + \sqrt{\frac{V^2}{V^2 \pm 49}}.$$

Le calcul donne les résultats suivants :

V (en cm. par sec.).	$-\frac{1}{n}$.	$+\frac{1}{n}$.
10	−0,18	0,40
15	−0,09	0,13
20	−0,054	0,07
25	−0,034	0,04
30	−0,025	0,028
40	−0,015	0,015
50	−0,01	0,01

On voit que l'erreur introduite, très forte pour les petites vitesses jusqu'à environ 20 centimètres par seconde, commence à devenir acceptable pour 25^{cm}, soit environ un demi-nœud, et qu'à partir de là l'approximation s'améliore très rapidement pour les vitesses de 1 nœud et au-dessus. On sait, d'ailleurs, que le tube de Pitot ordinaire ne donne, lui aussi, de renseignements utilisables que pour des vitesses qui ne sont pas trop faibles.

On voit aussi que pour les petites vitesses les valeurs négatives de $\frac{1}{n}$ fournissent des erreurs moindres que les valeurs positives; il y a donc, pour les vitesses de 20^{cm} à 30^{cm}, moins d'inconvénients à ce que le tube de Pitot soit de 0,1 ou 0,2 de millimètre trop bas plutôt que trop haut par rapport au niveau de la mer.

Pour l'étalonnage de l'instrument, c'est-à-dire pour la détermination de ρ dans l'expression $V = \rho Q$, je mesure directement, par des expériences multiples, la vitesse moyenne du courant au moyen d'un petit baril lesté de façon à avoir une faible tendance à couler, mais soutenu par un léger flotteur auquel il est relié de manière que son centre de figure soit à la même profondeur dans l'eau que l'orifice inférieur du tube de Pitot. Le baril est abandonné au courant et, au moment précis où il passe devant un premier repère, l'appareil est immergé ; puis on relève l'appareil au moment précis où le baril passe devant un second repère. La distance entre les deux repères est connue et le temps est chronométré.

J'expliquerai plus tard pour quelle raison j'ai cru devoir substituer le procédé ici décrit à celui du baril flottant, qui sert à l'étalonnage.

MÉDECINE. — *Anaphylaxie à l'antipyrine après une longue phase de sensibilisation. Désensibilisation.* Note [1] de MM. **F. Widal** et **Pasteur Vallery-Radot.**

Les modifications humorales qui aboutissent à l'état anaphylactique, dont nous devons la découverte à M. Charles Richet, sont déterminées d'ordinaire par les substances albuminoïdes. Cependant un certain nombre d'observations déjà publiées prouvent que des substances cristalloïdes peuvent avoir la même action.

Nous rapportons un nouvel exemple d'un état anaphylactique produit par une substance non albuminoïde : l'antipyrine [2]. Il s'agissait bien d'une anaphylaxie véritable et non d'un de ces cas d'intolérance médicamenteuse ou d' « idiosyncrasie » qu'on observe dès la première ingestion; c'est donc dans le cadre de l'anaphylaxie alimentaire que doit prendre place l'observation que nous allons détailler.

Nous avons pu suivre ici avec une grande précision tout le cycle de l'anaphylaxie : il nous a été donné de retrouver dans l'anamnèse la phase de sensibilisation, de déclancher à volonté des accidents cutanés, enfin de parvenir à la désensibilisation. Aussi cette observation nous semble-t-elle avoir une portée d'ordre général.

Nous avons reconstitué par l'histoire de la malade la longue période de sensibilisation, ayant duré neuf ans, pendant laquelle cette femme put ingérer de l'antipyrine sans ressentir aucun trouble.

Dès son enfance, elle avait eu des migraines qui plus tard survinrent principalement aux périodes menstruelles. A 24 ans, elle prit pour la première fois un cachet d'antipyrine et, depuis, continua régulièrement cette médication à chaque migraine. L'antipyrine fut tout à fait bien tolérée jusqu'à l'âge de 33 ans. C'est alors que la malade éprouva les premiers symptômes du diabète. A la même époque, elle eut des accidents cutanés à la suite d'absorption d'un cachet d'antipyrine. Ces accidents furent-ils déclanchés sous l'influence d'une transformation du milieu humoral due à un diabète

---

(1) Séance du 12 janvier 1920.

(2) Des travaux antérieurs ont essayé de montrer par la voie expérimentale qu'il existait une anaphylaxie à l'antipyrine : Cruveilhier (*Anaphylaxie provoquée par l'antipyrine*, Soc. de Biol., séance du 29 juillet 1911); Bruck (*Berl. Klin. Woch.*, octobre 1910, p. 1929).

concomitant ? Cette hypothèse ne peut qu'être soulevée. Toujours est-il que, depuis lors, chaque nouvelle ingestion d'antipyrine fut suivie d'accidents du même type : quelques minutes après la prise d'un cachet, la malade avait dans la région labiale une sensation de brûlure, les lèvres et leur pourtour devenaient rouges et tuméfiés. Quelques heures après, les petites vésicules apparaissaient sur cet érythème; les jours suivants ces vésicules se desséchaient.

Malgré ces accidents qui se reproduisaient avec une régularité absolue, ayant toujours la même localisation après chaque absorption du médicament, la malade continua à prendre de l'antypirine toutes les fois qu'elle souffrait de la migraine, c'est-à-dire environ une fois par mois. A l'âge de 42 ans, un médecin lui conseilla de cesser ce médicament.

Lorsqu'elle entra à l'hôpital Cochin, en février 1919, pour se faire traiter de son diabète, elle était âgée de 49 ans. Depuis 7 ans elle n'avait plus jamais absorbé d'antypirine. Il nous a semblé intéressant de rechercher si après cette longue abstention elle était encore en état d'anaphylaxie pour ce médicament. L'essai suivant montre que l'état d'anaphylaxie persistait.

Le 15 février. — 14^h25^m : Absorption de $0^g,75$ d'antipyrine.

14^h34^m : Sensation de brûlure au-dessus de la lèvre supérieure. Rougeur avec enflure à ce niveau.

14^h33^m : Sensation de brûlure accompagnée de rougeur et d'enflure au-dessous de la lèvre inférieure.

14^h44^m : La rougeur et l'œdème augmentent d'intensité et d'étendue. La lèvre supérieure est boursouflée et rouge.

15^h : La sensation de brûlure qui avait persisté au niveau de l'érythème diminue, mais apparaît de l'œdème à la lèvre inférieure.

17^h : La sensation de brûlure est très atténuée. La rougeur et l'œdème sont bien moins accentués.

Jusqu'à 24^h, la sensation de brûlure a persisté, mais très faible.

Le 16 au matin, on ne constate plus aucun symptôme.

A 16^h, la malade ressent du prurit au-dessous de la lèvre inférieure.

Le 17 au matin, le prurit a persisté. Placard rouge, surélevé au-dessous de la lèvre inférieure et empiétant sur la région médiane du menton.

Le soir, les symptômes disparaissent.

Du 19 au 21, desquamation au-dessus de la lèvre supérieure et au-dessous de la lèvre inférieure.

Ainsi, 9 minutes après l'absorption d'antipyrine, les accidents cutanés apparurent. Ces accidents furent caractérisés par une sensation de brûlure périlabiale avec œdème rouge, localisée, persistant quelques heures, suivie le lendemain d'une nouvelle poussée semblable.

La malade était donc toujours anaphylactisée à l'antipyrine et les accidents étaient du même type qu'autrefois : même localisation, même caractère de l'érythème; il est à remarquer seulement que l'érythème, qui se terminait autrefois avec des vésicules, se termine maintenant avec une desquamation.

Nous avons fait les semaines suivantes une série d'essais. Le 22 février, la malade ingère $0^g,75$ d'antipyrine ; le 24 février, $0^g,50$; le 1er mars, $0^g,25$; le 6 mars, $0^g,10$.

Après chaque absorption d'antipyrine, nous avons vu se déclencher des phénomènes reproduisant ceux que nous venons de relater.

L'intensité des accidents était indépendante de la dose ingérée.

Chez cette malade, la phase de sensibilisation fut extrêmement longue : elle dura 9 années. C'est seulement après ces 9 années que la malade fut anaphylactisée. De 33 à 42 ans, elle eut des accidents toutes les fois qu'elle ingérait de l'antipyrine. Pendant 7 années, de 42 à 49 ans, elle s'abstint de ce médicament : il est remarquable de constater qu'après ce temps l'état anaphylactique persistait encore sans modification.

On sait que les accidents anaphylactiques sont accompagnés de troubles vasculo-sanguins caractérisés par trois ordres de signes : chute rapide de la pression artérielle, leucopémie très accentuée, troubles marqués de la coagulation sanguine. Nous avons constaté ces signes comme symptômes avant-coureurs dans l'urticaire d'origine alimentaire et dans l'asthme. L'un de nous les a désignés sous le nom de *crise hémoclasique*.

Dans ce cas d'anaphylaxie à l'antipyrine, nous n'avons pu déceler cette crise, probablement parce que les phénomènes se déroulaient suivant un rythme beaucoup trop rapide.

Il y avait lieu de rechercher ensuite si la sensibilisation était spécifique, c'est-à-dire si d'autres médicaments ne pouvaient pas provoquer d'accidents.

Nous avons fait ingérer à notre malade de la codéine, de l'urotropine, de l'aspirine, du pyramidon. Ces corps ne déterminèrent aucun symptôme, même pas le pyramidon, cependant si voisin de l'antipyrine.

Il s'agissait donc bien dans notre cas de sensibilisation spécifique à l'antipyrine.

Nous avons poussé plus avant l'étude de ce cas. Nous nous sommes efforcé de rechercher quelle était la dose la plus faible capable de provoquer des accidents; nous avons, d'autre part, essayé la méthode d'antianaphylaxie proposée par M. Pagniez et l'un de nous contre les accidents d'anaphylaxie digestive.

Il ressort des essais successifs effectués qu'une dose minime de 5^{cg} provoquait une crise semblable à celles réalisées par des doses de 50^{cg} et 75^{cg} avec cette seule différence que ces crises apparaissaient plus tardivement.

La dose de 2^{cg} provoqua une fois des accidents légers au bout de 50 minutes; une autre fois aucun symptôme n'apparut. C'était bien la dose la plus faible capable de déclencher la crise. Avec 1^{cg}, nous n'avons observé aucun symptôme.

Nous avons utilisé la méthode antianaphylactique en faisant absorber à la malade la dose minime de $0^{g},03$, $0^{g},02$, $0^{g},01$ ou $0^{g},005$ d'antipyrine une heure avant de lui faire ingérer la dose massive de $0^{g},25$ ou $0^{g},50$. Sauf dans un essai où la dose de $0^{g},02$ provoqua des accidents et ne put par conséquent protéger la malade contre une dose massive, tantôt les manifestations cutanées furent évitées, tantôt la malade ressentit seulement un peu de prurit dans la région labiale avec ou sans érythème durant une ou quelques minutes. Cependant, de ces faits nous ne saurions tirer aucune conclusion parce qu'ils ont été observés à une époque où commençait à s'établir la désensibilisation de notre malade. En effet, le 5 avril, c'est-à-dire 50 jours après la reprise de l'antipyrine, nous constations qu'une dose massive de 50^{cg} ne déterminait plus que des accidents insignifiants.

L'état anaphylactique disparut progressivement, si bien que 64 jours après la reprise du médicament nocif la malade put absorber impunément 1^{g} de ce médicament. Depuis lors, souvent nous lui avons fait prendre de l'antipyrine à la dose de 1^{g}; jamais les accidents ne réapparurent, même pas le prurit. Nous avons donc obtenu la complète désensibilisation.

Dans le traitement de l'anaphylaxie alimentaire, il faut, en effet, distinguer la méthode d'antianaphylaxie et la méthode de désensibilisation. Par la méthode d'antianaphylaxie, on a pour but d'empêcher l'apparition de la crise en faisant absorber au malade une dose minime de la substance active une heure avant l'absorption de la dose déchaînante; on prévient bien ainsi une crise, mais on laisse subsister l'état anaphylactique. Par la méthode d'antisensibilisation, sous l'influence de l'absorption répétée de la substance à laquelle l'organisme est sensible, on supprime l'état anaphylactique, on affranchit l'organisme définitivement.

Une désensibilisation comparable à celle que nous avons obtenue a été réalisée par M. Lesné chez un sujet en état d'anaphylaxie alimentaire en le vaccinant d'une façon répétée par des doses infinitésimales de la substance anaphylactisante. Finizio, Schoffield, Guy Laroche, par des doses extrêmement minimes, homéopathiques, progressivement croissantes de lait ou d'œufs, parvinrent à la désensibilisation de sujets en état d'anaphylaxie pour

le lait ou l'œuf. M. Pagniez et l'un de nous, en supprimant les crises anaphylactiques par la méthode antianaphylactique, virent chez certains de leurs malades disparaître l'état anaphylactique.

Dans le cas que nous venons de rapporter, ce n'est pas par l'action de doses minimes progressivement augmentées que la désensibilisation a été obtenue, mais par la simple action de la substance anaphylactisante donnée aussi bien à dose massive qu'à dose minime.

Ce fait d'anaphylaxie à l'antipyrine nous a semblé intéressant à plus d'un titre. Il dépasse la portée d'un simple fait d'anaphylaxie alimentaire. C'est tout le « cycle » de l'anaphylaxie qu'il nous a permis de suivre avec une précision expérimentale, dans une observation clinique qui a porté sur une période de vingt-cinq années. L'étude des trois phases observées chez notre malade, celle de *sensibilisation*, celle d'*anaphylaxie*, celle de *désensibilisation*, comportent chacune des enseignements qui méritent d'être retenus.

Tout d'abord, dans ce cas, comme dans une série d'autres observations d'anaphylaxie alimentaire, on voit que la préparation de l'organisme a nécessité un laps de temps de plusieurs années et une action répétée de la substance anaphylactisante. Il en est de même, semble-t-il, dans les phénomènes de sensibilisation imputables à l'inhalation de certaines substances : l'un de nous, avec MM. Lermoyez, Abrami, Brissaud et Ed. Joltrain, a observé un cas d'asthme dans lequel la phase de préparation de l'organisme fut extrêmement longue; il s'agissait d'un marchand de moutons dont les crises d'asthme étaient provoquées par l'odeur des moutons; pendant trente-cinq ans, cet homme a vécu journellement au contact de ces animaux sans jamais ressentir le moindre malaise; c'est seulement après ce laps de trente-cinq ans qu'il eut sa première crise d'asthme.

Au contraire, dans les cas d'anaphylaxie déterminée par la voie sous-cutanée ou par la voie vasculaire, la préparation peut ne durer que quelques semaines ou quelques jours et il n'est pas besoin que la substance anaphylactisante agisse plusieurs fois pour que l'organisme soit sensibilisé.

Ainsi, les processus de sensibilisation qui aboutissent aux crises anaphylactiques en clinique sont parfois tout différents de ceux que l'on observe en expérimentation. L'observation clinique montre la nature agissant lentement, mettant parfois de longues années à réaliser les modifications du terrain humoral qui auront pour conséquence l'état anaphylactique.

Il est remarquable que, sous l'influence de certaines substances introduites par la voie digestive ou sous l'influence de certaines odeurs, s'opèrent à bas bruit dans notre organisme des transformations insensibles qui finissent

par en modifier la constitution à tel point que la moindre trace de cet aliment ou de cette odeur déclenche un brusque déséquilibre qui se traduit par la crise anaphylactique dont l'expression clinique se réalise sous forme d'asthme, d'accidents cutanés, de troubles nerveux ou digestifs.

Cet état d'anaphylaxie qui avait duré pendant un si long temps a disparu sous l'influence de la reprise du médicament absorbé cette fois non plus d'une façon espacée, à un mois d'intervalle comme jadis, mais d'une façon subintrante, alternativement à doses grandes et petites, parfois à une heure d'intervalle. Deux mois ont suffi pour obtenir la désensibilisation et libérer la malade de son état d'anaphylaxie si tenace.

Le « cycle » que nous avons observé avec une telle précision dans le cas de cette anaphylaxie à l'antipyrine doit exister pour une série de substances que nous ingérons et de particules que nous inhalons. Comme l'a si bien exprimé M. Charles Richet, il est probable que l'anaphylaxie alimentaire intervient pour modifier notre état d'équilibre perpétuellement instable et pour nous constituer une personnalité humorale, de même que les souvenirs et les sensations antérieures nous créent une personnalité psychologique. Un fait comme celui que nous venons de rapporter prouve que ces transformations ne sont pas définitives. La même cause qui a produit la sensibilisation peut, sous l'influence de variations dans son mode d'intervention, provoquer la désensibilisation. La vie est faite, sans doute, en partie de ces sensibilisations et de ces désensibilisations qui changent sans cesse notre « tempérament » en modifiant notre constitution humorale.

CORRESPONDANCE.

M. B. **Berloty**, directeur de l'Observatoire de Ksara, adresse un rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui a été accordée à cet établissement sur la Fondation Loutreuil en 1919.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Sir Charles Wheatstone, *Contribution à la physiologie de la vision*, traduit de l'anglais et complété par Pierre-Th. Dufour. (Présenté par M. Lallemand.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mesure photographique de la résistance au roulement*. Note de M. **Jules Andrade**.

En 1780, aux Actes de l'Académie de Pétersbourg, Euler publia un intéressant petit problème de Mécanique *rationnelle* sur le roulement d'un cylindre à l'intérieur d'un cylindre plus grand sous l'action de la pesanteur, les deux cylindres ayant d'ailleurs leurs génératrices parallèlement horizontales.

Convenablement modifié dans son énoncé et complété par l'évaluation de la résistance au roulement, l'*exercice* d'Euler suggère aujourd'hui une méthode précise de la mesure des résistances de roulement, fondée sur l'inscription photographique des oscillations.

Le cylindre fixe a un rayon a moindre que le rayon b, rayon intérieur d'un anneau cylindrique; celui-ci roule comme un cerceau sur son bâton support placé horizontalement. Soit c la distance du centre de gravité de l'anneau à son axe géométrique, soit k le rayon de giration de l'anneau relativement à une droite parallèle aux génératrices, mais passant par le centre de gravité; étudions le mouvement d'orientation de l'anneau, nous trouvons pour ses petites oscillations l'équation

$$(1).\qquad [k^2+(c+b)^2]\frac{d^2u}{dt^2}+\frac{b^2+c(b-a)}{b-a}gu+\varepsilon g\delta=0;$$

formule où représentent g l'accélération de la pesanteur; δ le coefficient linéaire de la résistance au roulement; $\varepsilon=\pm 1$ et du signe de $\frac{du}{dt}$. D'ailleurs l'angle u est lié à l'angle θ que la verticale fait avec une perpendiculaire commune aux deux axes des deux cylindres par la relation de roulement

$$\frac{u}{b-a}=\frac{\theta}{b};$$

d'où, pour l'équation θ,

$$(2)\qquad [k^2+(c+b)^2]\frac{b-a}{b}\frac{d^2\theta}{dt^2}+\frac{b^2+c(b-a)}{b}g\theta+\varepsilon g\delta=0.$$

Le décalage f du point mort apparent de chaque oscillation simple a pour valeur

$$(3)\qquad f=\frac{\delta b}{b^2+c(b-a)}.$$

En d'autres termes, sous la seule influence de la résistance de roulement les semi-amplitudes diminuent à chaque oscillation simple de la quantité

$$\frac{2\delta b}{b^2 + c(b-a)}.$$

Si l'on réalise la condition $c = 0$, la valeur de f devient $\frac{\delta}{b}$, c'est-à-dire indépendante de a si δ est donné.

Les valeurs de θ s'inscrivent par la photographie du déplacement du point C, centre de l'anneau.

A cet effet, au début de l'alésage intérieur du cylindre dont le rayon est devenu b, on a eu soin de repérer deux points diamétralement opposés sur la tranche de l'anneau cylindrique; sur ces points *on axe* deux soutiens d'une réglette transverse au milieu de laquelle une lampe légère et un objectif portés par la réglette donnent une image sur une plaque sensible verticale perpendiculaire aux axes des deux cylindres; cette plaque descend, portée par une glissière et reçoit ainsi l'inscription photographique des oscillations, l'appareil tout entier étant dans une chambre obscure. La plaque est développée, fixée, puis portée au comparateur qui effectue les mesures des semi-amplitudes.

Lors des mouvements lents observés, la résistance de l'air produit une résistance proportionnelle à la vitesse $\frac{du}{dt}$ ou $\frac{d\theta}{dt}$; en ce cas la photographie devra être interprétée comme l'image d'un mouvement pendulaire doublement amorti.

La détermination de δ se fera alors en tenant compte de la résistance visqueuse associée à la résistance de roulement, et comme je l'ai exposé dans ma Note du 5 janvier dernier.

PHYSIQUE. — *Dispositif spectrographique pour l'étude de l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

1. Nous avons étudié, il y a quelques années [1], les spectres d'étincelle d'un certain nombre de métaux dans la région de l'ultraviolet extrême comprise entre les longueurs d'onde 2100 et 1850 U. A. L'appareil utilisé était

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 784 et 1416; *Journal de Physique*, t. 4, 1914, p. 622.

un spectrographe à prisme et lentilles de quartz, fonctionnant dans l'air, avec des plaques Schumann.

Pour poursuivre l'étude des spectres dans la région de Schumann proprement dite, c'est-à-dire au delà de la longueur d'onde 1850, nous avons remplacé le quartz par la fluorine et supprimé toute absorption par l'air en plaçant dans le vide la plaque photographique. Nous avons obtenu de la sorte, comme nous l'avons indiqué en 1914 [1], divers spectres d'étincelle jusqu'à une longueur d'onde voisine de 1400.

Les expériences ont été reprises avec un dispositif plus perfectionné et ont fourni des clichés se prêtant aux mesures de longueurs d'onde.

2. Le spectrographe se compose essentiellement d'un prisme de fluorine du type *Broca-Pellin* à déviation constante, associé à deux lentilles de fluorine de 28^{mm} d'ouverture et de 12^{cm} de foyer environ. Le collimateur, la plate-forme du prisme et le porte-châssis sont munis des organes de réglage nécessaires. L'ensemble de ces appareils est enfermé dans une enveloppe de bronze fondu de 2^{cm} d'épaisseur. Cette enveloppe est fermée par trois grandes plaques de laiton épais, l'une à la face supérieure du spectrographe au-dessus du prisme, les deux autres en regard de la fente et de la plaque photographique. L'étanchéité est assurée au moyen de rodages graissés.

Les spectres examinés en premier lieu ont été des spectres d'étincelle. A cet effet, la plaque de fermeture voisine de la fente a été munie en son centre d'une fenêtre de fluorine mastiquée sur un rodage de verre. Contre ce rodage vient s'appliquer l'ampoule où éclatent les étincelles condensées fournies par un transformateur de résonance. L'ampoule à étincelles est parcourue, comme dans les expériences de Lyman, par un courant lent d'hydrogène pur à la pression atmosphérique. La distance des étincelles à la fenêtre de fluorine est de 3^{cm} environ.

Grâce à la fenêtre de fluorine, il y a séparation complète entre la chambre à étincelles et la chambre spectrographique proprement dite. Le vide est fait dans le spectrographe à l'aide d'une pompe Gaede jusqu'à une pression inférieure au millième de millimètre. Il est possible de manœuvrer la plaque photographique sous le vide au moyen d'un rodage spécial qui permet d'élever le châssis et d'obtenir plusieurs clichés superposés.

(1) *Résumé des Communications à la Société française de Physique*, séance du 3 juillet 1914.

3. La principale difficulté que l'on rencontre dans la mesure des longueurs d'onde des radiations ultraviolettes lorsqu'on descend au-dessous de 1850 U. A. est l'absence de repères spectroscopiques connus avec précision. On ne dispose dans cette région que des déterminations assez peu nombreuses faites au réseau par Lyman ([1]), Wolff ([2]), Saunders ([3]), Millikan et Sawyer ([4]), Mac Lennan, Ainslie et Fuller ([5]). Parmi ces déterminations, les plus importantes sont celles de Lyman, qui ne prétendent pas à une exactitude supérieure à 0, 3 U. A. en valeur absolue. D'ailleurs les spectres étudiés jusqu'ici sont presque tous des spectres d'arc, très différents des spectres d'étincelle correspondants. Enfin, dans toute la région qui va de 1850 à 1650, les raies étalonnées ne sont ni assez nombreuses ni assez bien réparties pour permettre des interpolations linéaires correctes. A partir de 1650, on peut utiliser le spectre de l'hydrogène dont Lyman a mesuré les nombreuses raies, mais ce spectre ne s'obtient qu'avec des poses fort longues.

Nos expériences de mesure ont été faites en photographiant sur le même cliché le spectre d'étincelle du métal étudié et celui d'un métal de comparaison. Les temps de pose étaient de 5 à 10 minutes. Nous avons employé comme raies-étalon les raies de l'aluminium et du mercure (Lyman) ([6]), ainsi que le doublet 1494,8-1492,8 de l'azote. Les raies inconnues ont été calculées, après mesure au comparateur, par interpolation hyperbolique entre trois raies-étalon consécutives. Bien que la mise au point sur plaque plane ne soit parfaite que dans la région centrale, il est possible d'utiliser pour des mesures comparatives la totalité d'un cliché dans l'intervalle 1850-1550 U. A. Les erreurs de pointé et les erreurs d'interpolation, jointes à l'erreur propre des raies-étalon, ne permettent pas d'affirmer l'exactitude des résultats à plus de 0,5 U. A. près. Toutefois, pour un grand nombre de raies intenses, l'erreur relative descend à deux ou trois dixièmes d'unité d'Angström.

C'est avec une précision de cet ordre que nous avons déterminé les longueurs d'onde des raies d'étincelle de divers métaux jusque vers 1550 U. A.

([1]) Voir Lyman, *The Spectroscopy of the extreme ultraviolet*, Londres, 1914.
([2]) *Ann. der Physik*, t. 42, 1913, p. 825.
([3]) *Astroph. Journ.*, t. 43, 1916, p. 234.
([4]) *Physical Review*, t. 12, 1918, p. 267.
([5]) *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1919, p. 316.
([6]) Nous avons admis pour la raie Al 1671,0 la valeur corrigée proposée par Wolff.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de l'oxydation du bioxyde d'azote.* Note [1] de M. **Eugène Wourtzel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note récente, j'ai eu l'occasion d'indiquer l'origine de ces recherches et le principe appliqué à leur exécution [2].

Je me suis servi d'un appareil déjà employé au cours des expériences sur la dissociation des gaz N^2O^3 et N^2O^4. La réaction $2NO + O^2 = 2NO^2$ se produisant très rapidement sous la pression atmosphérique, il était nécessaire de réduire les pressions laboratoires à quelques millimètres de mercure. Cela nécessite, en outre, l'emploi d'un manomètre à huile [3].

Les manipulations et les calculs n'ont pas été les mêmes dans toutes les expériences; elles seront exposées dans un Mémoire détaillé. Il suffit d'indiquer, ici, que j'ai introduit l'un des gaz dans le récipient à réaction, l'autre en excès, dans le volumètre, d'où on le faisait passer dans le récipient à réaction par simple détente.

A l'aide des données expérimentales et des calculs analogues à ceux utilisés dans mes recherches précitées, on déterminait les pressions initiales P_{NO} et P_{O^2}. En observant la contraction qui se produisait, et en connaissant la constante de dissociation du peroxyde d'azote on pouvait suivre la réaction d'une façon continue.

Les premières séries de mesures (A) ont été faites sous pressions initiales $\frac{1}{2}P_{NO}$ et P_{O^2} variables entre $2^{mm},5$ et 7^{mm} de mercure, en prenant en excès, tantôt l'un des gaz, tantôt l'autre. Toutes les lectures ont été faites au manomètre à huile. Chaque série comportait de 10 à 20 mesures. La réaction était poursuivie durant 1 heure et demie à 2 heures; au bout de ce temps, dans la plupart des cas, on arrivait à 90 pour 100 de la transformation possible.

D'autres séries (B) ont été faites sous pressions initiales plus fortes (P_{NO} variable entre 30^{mm} et 90^{mm} Hg), mesurées à l'aide d'un manomètre à mercure. Les dénivellations étant alors trop rapides et trop fortes au début, on ne pouvait mettre en jeu le manomètre à huile que quelques minutes après. L'expérience revenait ainsi à la réaction entre le bioxyde, sous pression

---

(1) Séance du 5 janvier 1920.

(2) Wourtzel, *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 1397; *Ibid.*, t. **170**, 1920, p. 109.

(3) Sur l'emploi du manomètre à l'huile, voir : Baume, *J. de Chim. phys.*, 1908; Wourtzel, *Ibid.*, 1913.

très faible, et l'oxygène en grand excès, en présence de fortes quantités de peroxyde déjà formé.

Dans ce cas, les pressions initiales ne sont pas connues assez exactement pour calculer, avec une précision suffisante, les pressions du bioxyde d'azote à chaque instant de la réaction. On les calcule à partir de la pression finale du gaz NO, cette dernière ne dépassant, maintenant, $0^{mm},1$ de Hg et pouvant être établie à l'aide de la courbe de l'oxydation elle-même.

Les expériences faites amènent aux conclusions suivantes :

I. *Dans tous les cas étudiés, dès le début et jusqu'à la fin de l'expérience, l'oxydation du bioxyde d'azote suit l'équation d'une réaction de troisième ordre*

$$(1) \qquad -\frac{dp_{NO}}{dt} = k(p_{NO})^2 p_{O_2}.$$

Les moyennes de séries faites sont réunies dans le Tableau suivant :

Temp. C°.....	0°.		25°,2.			50°,3.			86°,5.	
Séries A: N° de l'exp...	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2
Séries A: $k.10^4$........	35,7	36,8	23,5	23,5	28,0	15,3	18,6	19,2	11,1	11,3
Séries A: Moyennes...	36,3		25,0			17,6			11,2	
Série B.........	—		26,2			17,3			13,0	

II. *En particulier, la marche de la réaction ne subit aucune modification notable, lorsque l'oxyde azotique est à moitié transformé.*

La formation exclusive et rapide des nitrites ou du sulfate de nitrosyle, que l'on observe, en traitant par de l'alcali ou de l'acide sulfurique les produits gazeux, formés au début de la réaction [1], dépend donc des conditions particulières de l'absorption et non de l'oxydation des gaz azotés.

III. *L'anhydride nitreux gazeux, dont l'existence est prouvée par mes expériences (loc. cit.), est bien un produit ultérieur de la réaction, et non son produit intermédiaire.*

La quantité d'anhydride nitreux produit, très faible sous pressions

---

[1] RASCHIG, *Z. Ang. Ch.*, 1905; JOLIBOIS, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 235; SANSFOURCHE, *Ibid.*, p. 307 et 401.

réduites, est donnée par l'équation

$$p_{N^2O^3} = \frac{1}{K'} p_{NO} p_{NO^2} \text{ (1)}.$$

Ainsi que le montre la réaction avec l'alcali, cet équilibre, une fois rompu, se rétablit instantanément. L'oxydation de l'anhydride nitreux reviendrait donc à la transformation de NO en NO^2 par l'intermédiaire de N^2O^3

$$-\frac{dp_{NO}}{dt} = k'(p_{N^2O^3})^2 p_{O^2}, \quad \text{ou bien} \quad (2) \quad -\frac{dp_{NO}}{dt} = \frac{k'}{K'}(p_{NO^2})^2 (p_{NO})^2 p_{O^2}.$$

L'action des masses p_{NO} et p_{O^2} suivrait la loi, indiquée par la relation (1), mais, en outre, la réaction serait catalysée par NO^2 formé, ce qui ne ressort pas des expériences faites.

IV. *La vitesse de cette réaction diminue quand la température s'élève.*

On le voit, même en exprimant la constante en concentrations moléculaires, ce qui nécessite une multiplication, à chaque température, par $(1 + \alpha t^\circ)^2$. On peut représenter les résultats obtenus à l'aide d'un coefficient thermique, égal à 0,93 par 10°.

		Température C.			
		0°.	25°,2.	50°,3.	86°,5.
Série A	$k.10^{-5}$ obs.............	10,63	8,73	7,23	5,69
	$k.10^{-5}$ calc..............	10,60	8,80	7,32	5,60

Il est à remarquer que, même à 86°,5, l'influence de la réaction inverse est encore négligeable. Ainsi la réaction étudiée présente une anomalie singulière parmi toutes les réactions connues. Cette anomalie ne peut être interprétée définitivement qu'après de nouvelles expériences (2).

(1) En faveur de cette relation, je puis indiquer aussi les expériences de MM. Dixon et Peterkine, dont l'examen sera exposé dans un article détaillé.

(2) Mes recherches, faites en avril-novembre 1918, étaient en cours d'exécution lorsque j'ai pris connaissance du travail de M. Bodenstein, (*Z. El.*, t. 24, 1918, p. 183), fait dans des conditions voisines de celles de la série A, et dont les résultats sont sensiblement identiques aux nôtres.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés du nitrite de sodium.* Note de M. C. **Matignon** et M[lle] G. **Marchal**, présentée par M. Le Chatelier.

Le nitrite de soude joue un certain rôle dans l'industrie de l'acide nitrique synthétique par les flammes électriques. Nous avons étudié quelques propriétés encore inconnues de ce nitrite.

On a employé un nitrite très pur qui a donné les valeurs suivantes à l'analyse :

	Trouvé (pour 100).	Calculé (pour 100).
Na	33,37	33,33
	33,40	
NO^2Na	99,90	
	99,90	
	99,70	

Le dernier dosage est effectué par le permanganate de potasse.

Point de fusion. — Divers a déterminé le point de fusion et trouvé 271°. Plusieurs Ouvrages (Landolt, Abbegg, etc.) indiquent par erreur 213°; nous avons trouvé un nombre plus élevé, 276°,9, toutes corrections faites, avec un thermomètre de Baudin, divisé en $\frac{2}{10}$ de degré.

Chaleur de dissolution. — Sa dissolution est très rapide. Trois déterminations ont donné une chaleur de dissolution moléculaire de $-3^{\text{Cal}},52$, vers 20°.

Poids de sel.	Température.	Eau.	Chaleur de dissolution.
gr	o	gr	Cal
5,504	19,5	500	—3,502
5,982	19,9	»	—3,514
5,507	20,4	»	—3,550
		Moyenne.....	—3,52

$$NO^2Na_{\text{sol.}} + Aq = NO^2Na_{\text{diss.}} - 3^{\text{Cal}},52.$$

Chaleur de neutralisation. — Pour effectuer cette détermination, on a ajouté une quantité calculée d'acide sulfurique à une solution étendue de nitrite; on avait vérifié préalablement, par un dosage au permanganate, que l'acide nitreux n'est pas immédiatement décomposé au cours de cette substitution. Le nitrite est dissous dans 300^{cm^3} d'eau et l'acide sulfurique

équivalent dans le même volume; on réunit les deux liqueurs au sein du calorimètre.

Poids de sel.	Température.	Chaleur mesurée.
gr 0,8500	° 8,6	Cal 4,60
1,2980	8,8	4,61
0,9620	9	4,60

En opérant avec des concentrations salines sensiblement doubles, on avait obtenu $4^{Cal},9$ et $4^{Cal},85$, valeurs modifiées, sans doute, par un commencement de décomposition.

$$2\,NO^2Na_{diss.} + SO^4H^2_{diss.} = SO^4Na^2_{diss.} + 2\,NO^2H_{diss.} + 4^{Cal},6 \times 2.$$

On en déduit, en utilisant les valeurs connues,

$$NO^2H_{diss.} + NaOH_{diss.} = NO^2Na_{diss.} + H^2O + 11^{Cal},1.$$

Chaleur de formation. — Les données précédentes, jointes à la chaleur de formation de l'acide azoteux mesuré par Berthelot,

$$N + O^2 + H + Aq = NO^2H_{diss.} + 30^{Cal},3,$$

et aux constantes thermiques de la soude et de l'oxyde de sodium, conduisent à $88^{Cal},52$ pour la chaleur de formation du nitrite à l'état solide :

$$N_{gaz} + O^2_{gaz} + Na_{sol.} = NO^2Na_{sol.} + 88,52.$$

Action sur les réactifs colorés. — La chaleur de neutralisation de l'acide nitreux comparable à celle de la deuxième fonction acide de l'acide phosphorique, rendait probable la différence d'action des acides nitrique et nitreux, vis-à-vis certains réactifs colorés, et par suite le dosage commode d'un mélange de deux acides. Nous avons constaté cependant que les acides nitreux et nitrique se comportaient de la même façon avec la phtaléine du phénol, la teinture de cochenille, le lacmoïde, le paranitrophénol, la brésiline, l'iodéosine; d'autres réactifs comme l'hélianthine sont détruits par l'acide nitreux.

Action de l'oxygène. — Nous avons vainement cherché à oxyder directement la solution de nitrite de sodium. La solution, maintenue à 100° au contact d'oxygène comprimé à 50^{atm} et 55^{atm}, ne s'est pas modifiée au cours d'une action prolongée pendant 5 et 6 heures. Les résultats sont restés les mêmes en superposant aux conditions précédentes une agitation continue. Il en a été encore de même en ajoutant un catalyseur oxydant comme le noir de platine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriétés des carbonates de méthyle chlorés.* Note de MM. **André Kling**, **D. Florentin** et **E. Jacob**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente (¹), nous avons indiqué le mode de préparation des 9 carbonates de méthyle chlorés que fait prévoir la théorie. La pureté des différents échantillons que nous avons préparés a pu être déterminée avec précision, grâce à l'étude de leurs produits d'hydrolyse. Ces réactions d'hydrolyse, déjà indiquées par Hentschell, puis dont l'étude fut mise au point par M. Delépine et par nous-mêmes, sont, rappelons-le, les suivantes :

$$(COOH)-OCH^2Cl + H^2O = \mathbf{HCHO} + CO^2 + HCl + H^2O,$$
$$(COOH)-OCHCl^2 + H^2O = \mathbf{CO} + CO^2 + 2HCl + H^2O,$$
$$2(COOH)-OCCl^3 + 3H^2O = \mathbf{3CO^2} + CO^2 + 6HCl + H^2O.$$

En appliquant à leur étude un mode opératoire qui sera décrit ultérieurement, nous avons constaté que ces *réactions d'hydrolyse étaient quantitatives* et qu'elles fournissaient, le plus souvent, un moyen de doser exactement les différents constituants des mélanges obtenus au cours de chlorurations d'éthers méthyliques.

Nous avons résumé, dans le Tableau ci-contre, les principales données physiques des fractions que nous avons isolées. Généralement ces fractions n'étaient pas constituées par des dérivés absolument purs, en raison de la faible différence existant entre les points d'ébullition des divers isomères ou homologues formés, et par conséquent de la difficulté parfois insurmontable que l'on éprouve à les séparer par fractionnement.

L'échantillon de carbonate dichloré symétrique contenait environ 15 pour 100 de carbonate trichloré 1.1.2; la densité réelle d'un échantillon pur devrait donc être voisine de 1,465.

L'échantillon de carbonate tétrachloré symétrique est souillé d'une quantité assez importante des carbonates trichloré 1.1.2 et pentachloré, et peut-être aussi d'une petite quantité de carbonate tétrachloré 1.1.1.2.

Tous ces dérivés, sauf le dernier, se présentent sous l'état de liquides plus ou moins suffocants et parfois lacrymogènes; ceux qui renferment un groupement $OCCl^3$ sont particulièrement toxiques (²).

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 111.

(²) Travail non publié de M. le Dʳ Mayer.

Noms.		Point de fusion.	Points d'ébullition (non corrigés) sous 760mm.	sous 50mm.	$D_{15°}$.	Pureté approximative de l'échantillon pour 100.
Carbonate monochloré.	$CO\langle^{OCH^2Cl}_{OCH^3}$ ...	»	139°-140°	67°	1,303	98,5
Carbonates dichlorés.	1. $CO\langle^{OCH^2Cl}_{OCH^2Cl}$ ...	»	176°	99°	1,480	85
	2. $CO\langle^{OCHCl^2}_{OCH^3}$ ...	»	147°	72°	1,421	100
Carbonates trichlorés.	1. $CO\langle^{OCHCl^2}_{OCH^2Cl}$ ...	»	178°	102°	1,562	93
	2. $CO\langle^{OCCl^3}_{OCH^3}$ ...	visqueux à —70°	165°	86°	1,535	97,5
Carbonates tétrachlorés.	1. $CO\langle^{OCHCl^2}_{OCHCl^2}$ ...	vers —40°	182°-183°	105°-106°	1,618	68 à 80
	2. $CO\langle^{OCCl^3}_{OCH^2Cl}$ ...	visqueux à —70°	se décompose vers 150°	110°	1,631	91
Carbonate pentachloré.	$CO\langle^{OCCl^3}_{OCHCl^2}$ ...	vers —30°	196° avec lég. décomposit.	115°	1,686	95
Carbonate hexachloré.	$CO\langle^{OCCl^3}_{OCCl^3}$ ...	78°	203° avec lég. décomposit.	124°	»	100

Comme propriétés chimiques marquantes de ces composés (si nous excluons leurs réactions d'hydrolyses sur lesquelles nous ne reviendrons pas), nous signalerons que le carbonate de méthyle trichloré 1.1.1 se comporte à l'égal de 2at juxtaposés de phosgène et de chloroformiate de méthyle et que, de même, le carbonate hexachloré est l'analogue d'un polymère formé par 3mol de phosgène; il mérite de ce fait d'être désigné sous le nom de *triphosgène*.

En résumé, nous avons réussi à préparer, dans un état de pureté généralement satisfaisant, tous les carbonates de méthyle chlorés prévus par la théorie. L'établissement de cette série complète permet de faire ressortir quelles sont les modifications successives apportées aux propriétés d'un éther méthylique, au cours de substitutions de plus en plus avancées d'un atome d'halogène aux atomes d'hydrogène.

On remarquera que l'introduction du premier atome de chlore élève considérablement le point d'ébullition de l'éther et qu'au contraire celle du deuxième atome ne le modifie presque pas, qu'enfin avec la substitution du troisième atome d'halogène reparaît un nouvel et notable relèvement,

accompagné d'ailleurs d'une modification très nette des propriétés chimiques, organoleptiques et toxiques.

De notre travail résulte également cette conclusion que, contrairement aux suppositions d'Hentschell, la chloruration du carbonate de méthyle ne donne naissance à aucun produit défini distillant entre 175°-180° et que la fraction passant entre ces deux limites est en réalité constituée par un mélange, à peu près inséparable, des trois carbonates suivants : carbonate dichloré symétrique (P.E. : 175°); carbonate trichloré 1.1.2. (P.E. : 178°) et carbonate tétrachloré symétrique (P.E. : 182°-183°).

Enfin les résultats que nous avons obtenus précisent les services à attendre de la méthode qui consiste à fixer le bilan d'hydrolyse des dérivés dont la structure présente les groupements : $(-OCH^2Cl)$, $(-OCHCl^2)$, $(-OCCl^3)$. Ils font espérer, en particulier, qu'en l'appliquant à l'étude de séries d'éthers méthyliques chlorés encore mal connus, il sera possible de fixer exactement la constitution de chacun de leurs termes.

Ce travail, entrepris au cours de la guerre et pour des raisons d'ordre militaire, ne s'est pas proposé pour objet de réaliser une étude absolument achevée. Il a néanmoins abouti à fixer pour les dérivés chlorés du carbonate de méthyle des constantes approchées dont la connaissance permettra aux chercheurs que cette tâche pourrait intéresser de préparer ultérieurement les mêmes produits que les nôtres, mais à un dégré de pureté supérieur à celui auquel il nous était nécessaire de les obtenir.

HYGIÈNE. — *Sur les propriétés chimiques de l'humus et leur utilisation pour la protection des combattants contre les gaz asphyxiants.* Note de MM. **Griffon du Bellay** et **Houdard** (1), présentée par M. Charles Moureu.

Quelques remarques faites par des combattants au début de la guerre des gaz nous ont amené à supposer que le sol possédait un certain pouvoir absorbant à l'égard des émanations nocives. En conséquence, guidés par M. Hanriot, qui voulut bien nous en donner les moyens, nous avons fait un premier essai consistant à respirer pendant 30 minutes de l'air saturé de bromure de benzyle, puis filtré à travers une couche de 10^{cm} de terre végétale.

(1) M. Houdard est décédé en septembre 1919, à la suite d'une maladie contractée au cours de ses diverses études relatives à la chimie de guerre.

Cet essai ayant réussi, nous avons procédé, au Laboratoire du Ministère des Inventions, dirigé par M. Lapicque, à des expériences plus précises, qui ont abouti aux constatations suivantes :

La terre retient le bromure de benzyle, le chlore et l'oxychlorure de carbone. Ce pouvoir absorbant, presque nul pour la terre très sablonneuse, croît proportionnellement à la quantité de débris végétaux contenus dans le sol. Par exemple, si l'on fait passer à travers 10^{cm} de terre de jardin un mélange de 30 parties de chlore et de 70 d'air, à la vitesse de 12^{cm^3} par minute et par centimètre carré de surface, on constate que le chlore n'apparaît à la sortie du filtre qu'au bout de 132 minutes. Dans ce cas, la terre fixe $1^g,50$ de chlore par centimètre carré de surface filtrante.

Le phénomène est d'ordre chimique et exothermique; les échantillons de terre subissent, au cours de l'expérience, une décoloration très nette et une élévation de température sensible au toucher.

TABLEAU RÉSUMÉ DE QUELQUES EXPÉRIENCES.

Terre servant de filtre. Nature.	Épaisseur.	Mélange d'air et de gaz, pourcentage de ce dernier (chlore).	Vitesse de passage à la minute par cent. carré du filtre.	Temps au bout duquel du gaz non fixé apparait à la sortie du filtre.	Volume gazeux ayant traversé 1^{cm²} du filtre.	Quantité de gaz fixé par cent. carré du filtre en volume (chlore).	Quantité de gaz fixé par cent. carré du filtre en poids (chlore).
	mm	pour 100	cm³	min.	cm³	cm³	g
1° Terre de jardin	380	25 à 30	38,2	15	573	155	0,493
2° La même séchée à 100°...	»	»	»	11	420	105	0,333
3° Sable de rivière humide..	»	»	»	2,5	95	23,8	0,075
1° Terre de jardin	75	5,8	3,18	760	2417	140,2	0,444
2° Humus des bois.........	»	»	»	750	2385	138,3	0,438
3° Terre sablonneuse humide.	»	»	»	77	245	14,2	0,044
1° Terre de jardin	100	30	12	132	1584	475	1,50
2° Terre de même nature...	»	»	24	15	360	108	0,34
Oxychlorure de carbone.							
1° Terre sablonneuse humide.	100	1	15	525	»		
2° Terre de jardin	»	»	»	aucune trace	après dix heures		

La fixation des gaz est facilitée par l'humidité; mais l'humus, desséché à 100°, n'en conserve pas moins plus des deux tiers de son pouvoir absorbant.

La conclusion pratique de ces recherches, dont quelques-unes sont résumées dans le Tableau ci-dessus, fut qu'un filtre de terre bien ameublie

d'une épaisseur de 60^{cm} environ pouvait protéger pendant plusieurs heures les combattants contre les gaz asphyxiants alors en usage (en février 1916), à la condition que la vitesse de passage du mélange gazeux à travers la terre ne dépassât pas sensiblement un litre par décimètre carré.

M. Lapicque eut de suite l'idée d'utiliser ce pouvoir absorbant de l'humus pour la protection collective des troupes dans les abris pendant les attaques par gaz. L'air pollué de l'extérieur, aspiré par un ventilateur à travers un filtre de terre qui l'épurait, permit aux hommes de respirer sans masques dans les abris. De plus, son afflux régulier eut pour résultat de déterminer une surpression s'opposant à l'entrée des gaz par les interstices des portes sommaires constituées par les toiles de tentes.

LITHOLOGIE. — *Contribution à l'étude lithologique de l'intérieur de l'Angola.* Note [1] de M. **Pereira de Souza.**

Les collections recueillies par divers explorateurs portugais m'ont permis de compléter les observations antérieures sur le centre de l'Angola et d'apporter quelques renseignements sur des régions qui n'ont pas encore été étudiées à ce point de vue.

District du Congo. — J'ai signalé [2] entre Noqui sur le Congo et São Salvador, 100^{km} Sud-Est, une leptynite à riebeckite et ægyrine que j'avais comparée aux gneiss alcalins de Cevadaes (Portugal). L'étude faite par M. A. Lacroix des syénites à riebeckite d'Alter Pedroso [3] et de leurs transformations gneissiques permet aujourd'hui de préciser cette comparaison. Aucune des roches que j'ai étudiées au microscope n'est dépourvue de traces d'actions mécaniques; la structure cataclastique est quelquefois accompagnée de recristallisations sans changement de composition minéralogique et c'est ainsi que des roches à grain moyen se transforment en des types à grain fin avec structure granoblastique. Les feldspaths potassiques sont généralement albitisés, l'albite ne présente que rarement des macles et quand elles existent elles sont larges et peu nombreuses. Comme dans tant d'autres roches à riebeckite, cette amphibole est fréquemment en partie transformée en ægyrine qui est la forme stable du silicate ferro-

---

[1] Séance du 12 janvier 1920.

[2] *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1450.

[3] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 79.

sodique. La plupart des roches alcalines de cette région sont leucocrates; quand la proportion des éléments colorés augmente, il n'est pas rare de voir ceux-ci s'aligner et déterminer un aspect gneissique.

La région comprise entre Noqui et São Salvador peut être considérée comme tout à fait typique pour l'étude des granites à riebeckite et ægyrine passant à des schistes cristallins par suite d'actions dynamiques.

District de Loanda. — J'ai aussi signalé antérieurement une série de roches éruptives alcalines entre Zenza do Itombo, 130^{km} au sud-est de Loanda et Bango. Leur existence a été constatée depuis lors, plus à l'intérieur du district de Loanda, à l'est du Golungo-Alto (180^{km} est-sud-est de Loanda). Zenza do Itombo est situé sur les grès crétacés, mais à 10^{km} plus loin, dans la direction de Bango, apparaît la granulite, puis des quartzites épidotifères. C'est au milieu de ceux-ci, entre les kilomètres 16 et 24, du chemin de Zenza do Itombo à Bango, qu'apparaissent des roches alcalines. Le gneiss a été observé à Bango, et, près de Calunga (région de Calucala), formée en partie de grès bitumineux, probablement crétacés, affleure aussi dans la rivière de Kilulo un gneiss mélanocrate, très amphibolique, traversé par un trachyte hololeucocrate.

L'étude de différents échantillons de roches de Golungo-Alto et de ses environs me font croire que cette région est constituée surtout par les mêmes schistes et calcaires que l'on trouve en Bembe. Cette formation calcaire qui constitue le système schisto-calcaire de Pechuel et de Dupont est actuellement considérée comme faisant partie du Karoo (¹). Cornet avait déjà montré que, par l'intermédiaire d'un conglomérat, elle reposait sur son système métamorphique. Ce conglomérat est considéré par la plupart des géologues africains comme d'origine glaciaire et équivalent au conglomérat de Dwyka. Je n'ai pu savoir si ce conglomérat se trouve dans la région du Golungo-Alto, mais on le rencontre plus dans l'intérieur de l'Angola, dans la région de Pungo Andongo où il possède une grande épaisseur; il y est formé de graviers, galets et blocaux anguleux, de roches, de diverse nature, réunis dans une pâte argileuse très résistante. Le village de Pungo Andongo (Pedras Negras) se trouve dans un petit *canyon*, ouvert dans ce conglomérat qui présente de curieuses formes d'érosion.

(¹) F. Delhaye et Sluys, *La formation du Karoo dans le Congo occidental* (*Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 314).

Dans une rivière à 15^{km} à l'est du Golungo-Alto, vers Ambaca, une *tinguaite* affleure au milieu des séricitoschistes; elle est remarquable par la netteté de ses phénocristaux de néphéline et rappelle celles que j'ai indiquées dans la région de Zenza do Itombo-Bango. Cependant, tandis que dans ces roches on constate, en général, au microscope, beaucoup de barkévicite en gros cristaux, dans l'autre les phénocristaux ferromagnésiens sont surtout d'ægyrine et d'augite ægyrinique.

Plus dans l'intérieur, aux environs d'Ambaca, on rencontre encore le gneiss traversé par des diabases. Entre Ambaca et Malange se trouve un gabbro très peu feldspathique, au milieu duquel apparaît un gabbro rappelant par sa structure la beerbachite; il passe à un gneiss à pyroxène. Cet orthogneiss est associé à des hornblendites et des pyroxénolites et en différents points à un granite hololeucrate à microcline. Puis le long du chemin de fer d'Ambaca, se voient quelques affleurements d'un calcaire gris bleu, de la formation schisto-calcaire, surmontés par les grès de la partie supérieure du Karoo, qui présentent une grande extension dans cette région.

District de Benguela. — Au centre d'Angola, à peu près sur le parallèle de Benguela, on trouve aussi quelques roches intéressantes.

Dans les montagnes, situées à 12°4'S. et 18°18'E., affleure une *syénite néphélinique*, formée d'orthose sodique vermiculée, de néphéline, avec apatite, biotite, muscovite, sphène, magnétite et spinelle vert. Du fleuve N'Daia, à 11°34'S. et 20°9' E., a été rapportée une norite quartzifère à facies gneissique traversée par des filons de quartz. La région est couverte de sable clair.

A la frontière de l'Angola et de la colonie belge du Katanga, se trouve dans le fleuve Txito, 13°8'S. et 23°36'E., un quartzite à pyroxène, et au mont Txito, des labradorites épidotifères : les diabases sont fréquentes dans cette région; enfin, un gabbro granulitique, voisin de la beerbachite, a été rencontré par 12°46'S. et 23°8'E.

Dans les régions étudiées, il est intéressant de remarquer qu'ainsi qu'au sud-ouest d'Angola (¹) se manifeste l'intime association de roches alcalines et d'autres non moins nettement calco-alcalines.

(¹) Pereira de Souza, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 692.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les plages de Gâvre et de Penthièvre (Morbihan).* Note de M. F. La Porte, présentée par M. Pierre Termier.

Le levé d'un plan directeur du polygone de Gâvre, effectué en 1918, fournit une confirmation intéressante des observations faites par M. Pussenot relativement à la stabilité de la côte ouest de la presqu'île de Quiberon (1).

Ce levé s'appuie sur une triangulation dépendant de celle de l'État-Major et dont la précision est comparable à celle de la triangulation ayant servi au premier levé de la côte effectué en 1821, triangulation avec laquelle, du reste, elle a un certain nombre de points communs, ce qui permet une comparaison facile et rigoureuse.

La ligne de côte, pour laquelle nous avons pris, comme en 1821, la limite de la végétation herbée du côté de la mer, a été déterminée par des stations au théodolite espacées en moyenne de 200^{m} à 300^{m} — espacement très suffisant, la côte étant presque en ligne droite; on relevait, du reste, de chaque station, outre les points principaux de la triangulation devant servir à la placer, les directions de la plage dans les deux sens.

Les stations ont été construites graphiquement sur des projections carroyées à l'échelle de $\frac{1}{20000}$.

La comparaison de nos minutes avec celles de 1821 nous a donné les résultats suivants :

Entre la pointe de Gâvre (entrée de Lorient) et la rivière d'Étel, qui coupe à peu près en son milieu la grande plage le long de laquelle est établi le polygone de la Commission d'expériences d'artillerie, sur une longueur de 12 kilomètres, la ligne de côte, bordée de petites dunes de faible hauteur (7 à 8 mètres au maximum), a subi depuis 1821 un recul général vers l'intérieur des terres. Ce recul est en moyenne de 30^{m} à 40^{m}; il atteint en certains points 50^{m} et même 60^{m}.

Les deux pointes nord-ouest et sud-est de l'entrée de la rivière d'Étel ont subi des reculs inégaux, celle du nord-ouest a reculé d'une quarantaine de mètres; celle du sud-est, plus exposée aux assauts de la mer dans les grands coups de vent de sud-ouest, a reculé de 120^{m}.

A l'est de la rivière d'Étel, entre cette rivière et la pointe rocheuse

(1) *Comptes rendus,* t. 169, 1919, p. 476.

d'Erdeven, sur une longueur de 2^{km}, puis entre la pointe de Kerhilio et le fort Penthièvre, entrée de la presqu'île de Quiberon, sur une longueur de 8^{km}, les plages présentent un caractère tout différent des précédentes.

Tandis que celles-ci ont reculé, comme nous l'avons vu, d'une façon très nette et d'une quantité importante, les plages situées à l'est de la rivière d'Étel présentent un caractère de stabilité très remarquable.

A part de petites variations ayant l'allure de variations accidentelles, en nombre à peu près égal dans chaque sens, et pouvant être dues soit à des différences d'interprétation du terrain, soit à de petites erreurs de dessin, on peut dire que, dans la limite de précision de la construction graphique, qui est de 10^{m} environ, les deux lignes de côte, celle de 1821 et celle de 1918, coïncident.

Cette stabilité en plan, quelle qu'en soit la cause, s'accorde bien, pour la période de temps considérée, qui est de cent ans, avec la stabilité en hauteur constatée par M. Pussenot d'après l'étude des dépôts de sable et de galets de l'île Teviec et de la côte ouest de Quiberon (l'île Teviec est située à 2000^{m} et en face de la plage de Penthièvre).

Ajoutons que, dans une Note précédente sur les plages de la côte sud de Bretagne [1], nous avions constaté la même stabilité en plan pour les plages situées à l'est de la presqu'île de Quiberon, et de cette presqu'île jusqu'à l'entrée de la Loire, en particulier pour les grandes plages de la presqu'île de Rhuys, et pour la plage de la Turballe, au sud de la Vilaine.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les lunaisons et les périodes pluvieuses.* Note [2] de M. Eugène Mesnard, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis l'antiquité la croyance populaire attribue à la Lune le pouvoir de changer le temps aux époques des syzygies (N.L. et P.L.).

Beaucoup d'observations ont été faites dans cet ordre d'idées et aussi, malheureusement, beaucoup de formules toutes faites ont été énoncées qui devaient permettre de prédire le temps à l'avance. Perrey et Falb ont cru, dans un cas particulier, à une relation possible entre les lunaisons et les séismes; d'autres à une répartition saisonnière des tremblements de terre; au Japon on a noté un certain rapport entre les tremblements de terre et les graves perturbations météorologiques, etc., etc. Les milieux scienti-

(1) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1057.
(2) Séance du 19 janvier 1920.

fiques ont discuté à diverses reprises ces données incertaines et les ont rejetées.

C'est ainsi, par exemple, que l'argumentation de Montessus de Ballore a décidé les géologues à écarter toute idée d'influence extra-terrestre dans la production des tremblements de terre pour accepter la théorie des effondrements en mosaïque du sol.

Malgré ces réserves qui m'étaient connues, je n'ai pas hésité cependant à accorder aux tremblements de terre (¹), cyclones, raz de marée, éruptions volcaniques, et aussi, quoique à un degré moindre, ai-je dit, aux syzygies le pouvoir d'engendrer les périodes pluvieuses : l'enregistrement des faits, seul, m'y avait conduit. Depuis, cette opinion s'est encore fortifiée et je crois maintenant pouvoir affirmer que le rôle attribué aux syzygies n'est amoindri qu'en apparence, car, en réalité, les phénomènes astronomiques sont à l'origine du déchaînement des phénomènes météorologiques. Il convient seulement d'envisager des syzygies suffisamment élargies et de tenir compte des circonstances plus ou moins favorables (²).

Dans une suite de lunaisons consécutives comprenant 26 N. L. et 26 P. L., 16 N.L. et 10 P.L. ont été accompagnées de tremblements de terre, cyclones, etc., contre 4 N.L. et 11 P.L. seulement pluvieuses, et 6 N.L. et 5 P.L. inactives (sécheresse, anticyclone, etc.). Soit 41 syzygies actives contre 11 inactives.

Plusieurs phénomènes excitateurs ayant pris naissance dans une même lunaison, leur nombre s'élève à 60, soit : 32 tremblements de terre, 16 cyclones et grosses tempêtes, 8 raz de marée et 4 éruptions ou activités volcaniques.

D'autre part, l'influence saisonnière est apparue nettement par la comparaison suivante :

Moyenne par mois.	Divers phénomènes réunis.	TT et éruptions.	TT seulement.
Saison de printemps (mars, avril, mai).....	2,3	2	1,3
» d'été (juin, juillet, août)...........	1,3	0,5	0,5
» d'automne (sept., oct., nov., déc., et 1re quinz. de janv.)....	4,3	2	1,9
» d'hiver (2e quinz. de janv., février)..	0,3	0,3	0,3

Les syzygies seraient donc réellement efficaces : plus violentes, plus

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 102.
(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1098.

tempétueuses et plus fréquemment actives aux N. L. qu'aux P. L., et leur activité serait prédominante au printemps et à l'automne. Néanmoins, il convient de dire que l'intervention lunaire est indirecte et nullement en rapport avec les dires populaires, la marche des formations et dépressions cycloniques ne paraissant s'effectuer suivant un certain rythme que je n'exposerai pas dans cette Note.

Afin d'expliquer l'influence des lunaisons, quelques suggestions théoriques sont nécessaires. Pour réfuter l'intervention lunaire dans la production de la pluie, on a fait valoir la nécessité d'une marée aérienne rendue à peu près inexistante, a-t-on dit, par la faible densité de l'air, mais on ne s'est pas rendu compte que d'autres énergies que l'attraction universelle pouvaient entrer en jeu. Or, parmi les radiations susceptibles d'agir aux époques des syzygies, on en connaît qui, émanées de la Lune, semblent avoir des propriétés chimiques et d'autres, produites par le Soleil, qui sont radioactives, électromagnétiques ou simplement calorifiques. L'effet obtenu par la totalisation bimensuelle de ces différentes énergies serait bien suffisant pour expliquer l'origine des troubles météorologiques. Le rayonnement nocturne plus intense aux syzygies, aux N. L. principalement, avec gelées blanches fréquentes, scintillement des étoiles, etc., est facile à constater. Quant aux propriétés des radiations solaires, elles sont bien connues des physiciens.

J'ajouterai enfin que j'ai noté des faits qui montrent que les séismes et autres phénomènes excitateurs dont nous nous préoccupons ne sont pas toujours primaires, c'est-à-dire produits par une action extra-terrestre immédiate, mais que bon nombre d'entre eux semblent naître au passage d'une vague plus ou moins chargée de formations cycloniques et animée d'un mouvement rythmé. Il en résulterait que ces phénomènes excitateurs seraient dus eux-mêmes à des modifications du champ magnétique terrestre au passage de cette vague, mais qu'ils conserveraient néanmoins un caractère en quelque sorte accidentel, toutes les circonstances favorables réunies une première fois en un point du globe ne se retrouvant pas forcément après.

En résumé, l'intervention de la Lune et du Soleil dans la production des phénomènes météorologiques n'est pas douteuse; elle est prouvée par les faits. Les réfutations opposées jusqu'ici provenaient de ce qu'on ne connaissait pas les causes exactes (tremblements de terre, cyclones, etc.) ni les circonstances favorables au développement de ces phénomènes, et qu'il était impossible d'établir un accord satisfaisant entre les dates des lunaisons et

celles des manifestations météorologiques. En tout cas l'influence des astres aurait un caractère bien spécial.

Certains faits permettent en particulier de supposer que des radiations lunaires et solaires, associées lors des syzygies, peuvent déterminer la production en quelque sorte accidentelle des phénomènes excitateurs, soit directement, soit par l'intermédiaire de formations cycloniques capables de déterminer par leur passage des variations dans le champ magnétique terrestre.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux au 1er janvier 1920*. Note de M. **Ch. Dufour**.

Ces valeurs font suite à celles qui ont été communiquées à l'Académie des Sciences depuis 1901; elles résultent de la moyenne des observations horaires relevées sur le magnétographe Mascart le 31 décembre 1919 et le 1er janvier 1920 et rapportées à des mesures absolues toujours faites par M. J. Itié.

La variation séculaire est la différence entre ces valeurs et celles qui ont été données pour le 1er janvier 1919 (¹).

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val-Joyeux

(latitude : 48°49′16″; longitude : 2°0′52″ E. Gr.).

	Valeurs absolues pour l'époque 1920,0.	Variation séculaire.
Déclinaison	12°58′,47	— 9′,63
Inclinaison	64°41′,1	— 2′,6
Composante horizontale	0,19674	0,00000
» verticale	0,41592	— 0,00081
» nord	0,19172	+ 0,00013
» ouest	0,04417	— 0,00054
Force totale	0,46010	— 0,00075

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 112.

BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude des Frankéniacées.* Note de M. E. **Sürgis**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La famille des Frankéniacées a été créée par A. Saint-Hilaire ([1]). Elle ne comprenait alors que le seul genre *Frankenia*, placé auparavant à la suite des Caryophyllées. Elle s'augmenta successivement des genres *Beassonia* Roxburgh ([2]), *Hypericopsis* Boissier ([3]) et *Niederleinia* Hieronymus ([4]), que nous lui avons conservés et d'un certain nombre de genres qui lui ont été enlevés, selon nous avec juste raison, et parmi lesquels il faut citer les genres *Luxemburgia*, *Sauvagesia*, *Lavradia*, *Wormshioldia*, *Lancretia*, etc. Nous avons définitivement incorporé à la famille le genre *Anthobryum* Philippi ([5]) en lui ajoutant le *Frankenia triandra* Rémy ([6]).

La famille des Frankéniacées, telle que nous la concevons, se trouve divisée de la façon suivante :

I. Fleurs femelles seules connues. Anthères introrses, dressées à l'extrémité du filet, uniloculaires; un seul placenta placentifère; toujours une seule graine........ 1. *Niederleinia*.

II. Fleurs hermaphrodites. Anthères extrorses, versatiles, biloculaires. Tous les placentas placentifères; une ou plusieurs graines.

A. Étamines en nombre indéterminé, environ 20. Sous-arbrisseau à ramification opposée, puis dichotomique; fleurs terminales ou dans l'axe des dichotomies à 2 feuilles florales; 6-7 sépales; 6-7 pétales appendiculés; 4-5 carpelles; ovules nombreux; 1 style et 4-5 stigmates.............. 2. *Hypericopsis*.

AA. Étamines en nombre bien déterminé, 3, 4, 5 ou 6.

a. Étamines en nombre impair, 3 ou 5.

α. 2 carpelles et toujours 5 étamines. Arbrisseau à ramification opposée, jamais dichotomique; fleurs solitaires et terminales à 4 feuilles florales; 5 sépales; 5 pétales sans appendices, ovules nombreux; 1 style et 2 stigmates......... 3. *Beassonia*.

([1]) A. Saint-Hilaire, *Mém. placent. cent.*, 1816, p. 39.
([2]) Roxburgh, *Tracts rel. Isl. St Helena*, 1816, p. 300.
([3]) Boissier, *Diagn. pl. orient. nov.*, 1re série, 1845, n° 6, p. 25.
([4]) Hieronymus, *Bot. Acad. Rép. Arg.*, t. 3, 1879, p. 219-230.
([5]) Philippi, *Cat. pl. itin. Tarap.*, 1891, p. 51.
([6]) Rémy, *Ann. Sc. nat., Bot.*, t. 8, 1847, p. 237.

αα. 2 carpelles, 3 ou 5 étamines. Plante ligneuse, naine, en coussin; feuilles presque imbriquées; fleurs solitaires et terminales ou dans l'axe des dichotomies, à 2 feuilles florales; 5 sépales; 5 pétales appendiculés; ovules nombreux; 1 style et 3 stigmates.................. 4. *Anthobryum.*

aa. Étamines en nombre pair, 4 ou 6. Herbes ou sous-arbrisseaux à ramification opposée puis dichotomique; fleurs terminales ou dans l'axe des dichotomies, solitaires ou en faux épi, ou en faux corymbe, ou en tête globuleuse; 5 sépales; 5 pétales appendiculés; 2 ou 3 carpelles; ovules en nombre variable; 1 style et 2-3 stigmates............. 5. *Frankenia.*

Les faits essentiels qui se dégagent de l'étude détaillée de ces genres sont les suivants :

1. Il y a lieu de maintenir le genre *Niederleinia* dont Spegazzini avait nié l'existence. Le botaniste argentin prétendait qu'il avait été créé par Hieronymus sur un échantillon mal développé et que cette plante n'était autre que le *F. microphylla* Cavanilles. Nous avons pu élucider cette question, car nous avons eu en main, d'une part un échantillon du *N. juniperoides* répondant en tous points à la diagnose originale et aux dessins de Hieronymus et d'autre part un échantillon authentique du *F. microphylla* Cav. Cette dernière plante se distingue nettement de la première par son port, son feuillage, ses fleurs hermaphrodites, son calice plus grand à dents de forme différente, sa corolle à pétales très nettement appendiculés, ses étamines normalement constituées, son ovaire allongé ayant toutes ses values placentifères : c'est un *Frankenia* très net et bien différent de la plante de Hieronymus.

2. Nous n'avons eu que des détails à changer à l'excellente diagnose de l'*Hypericopsis persica* donnée par Boissier et quelques précisions à ajouter. Mais l'étude de l'échantillon 462[a] de Kotschy nous a amené à ajouter à cette excellente espèce la *var. angustifolia* Surgis qui s'en distingue facilement par l'absence de ramification à la base, ses rameaux et ramuscules plus grêles, ses feuilles très nombreuses dès la base, et surtout par la forme de ses feuilles qui sont beaucoup plus étroites que dans le type même quand elles ne sont pas du tout révolutées.

3. Quant au *Beassonia*, tantôt considéré comme genre et tantôt comme espèce, nous lui avons conservé son rang de genre, d'accord en cela avec D. G. Engler et d'autres, parce que nous avons considéré que, s'il ressemble au *Frankenia* par son port et son feuillage, il en diffère profondément par ses 5 étamines et ses 2 carpelles, organes remarquablement constants chez

les Frankéniacées. A l'espèce unique décrite jusqu'à ce jour, le *B. portulacifolia*, nous en avons ajouté une seconde, le *B. compacta* Surgis. Cette plante, récoltée par Possel à Sainte-Hélène, a les caractères suivants : arbrisseau très rameux, compact; rameaux dressés et pressés contre la tige, entièrement glabres; feuilles glabres, toutes semblables, oblongues et nettement révolutées; calice glabre; pétales dressés; style égal à l'ovaire; branches stigmatiques très courtes; capsule presque égale au calice persistant.

4. Le genre *Anthobryum* avait été créé par Philippi et placé par lui dans les Primulacées. Il avait été sans doute induit en erreur par certains caractères de la fleur assez difficile à observer. C'est ainsi qu'il attribue à l'*Anthobryum* une corolle gamopétale et des étamines soudées à la base de la corolle. La vérité est que les appendices des onglets sont débordants et se recouvrent donc mutuellement; et, comme ils sont très fragiles, il est très difficile de les séparer. Mais une dissection minutieuse montre que la corolle est nettement polypétale comme chez toutes les Frankéniacées. Quant aux étamines, elles ne sont soudées qu'entre elles, et seulement dans leur partie inférieure en une courte urcéole qui entoure le gynophore.

K. Reiche fut le premier auteur qui attribua l'*Anthobryum* aux Frankéniacées. Nous avons adopté sa manière de voir, nous lui avons conservé son rang de genre et nous lui avons incorporé le *F. triandra* pour plusieurs raisons. La plus importante est le nombre des étamines. En effet, il nous est apparu, au fur et à mesure que nous avancions dans l'étude de la famille, que le caractère le plus constant était le nombre des divisions de l'androcée. Plusieurs auteurs ont nié cette constance, mais c'est là une erreur de fait due aux caractères intrinsèques de la fleur. Chez les Frankéniacées les anthères sont mûres avant l'ouverture de la fleur; quand celle-ci se produit, elles se fanent immédiatement et tombent d'autant plus facilement qu'elles ne sont fixées que par un point à l'extrémité d'un filet subulé : d'où une première source d'erreurs dans le dénombrement des étamines. D'autre part, la fragilité, des filets très faciles à confondre avec les onglets des pétales et leurs appendices (ces trois organes ont des formes successivement voisines), l'accrescence très notable de l'ovaire qui pousse en dehors du calice les éléments de la corolle et de l'androcée, enfin l'action dévorante des insectes qui en sont très friands fournissent de nouvelles sources d'erreurs. Ces erreurs, nous les avons nous-même évitées en nous adressant à des fleurs en préfloraison.

La composition du genre *Anthobryum*, tel que nous le concevons, rend au genre *Frankenia* toute son homogénéité en ne lui laissant que les seules espèces à 2 + 2 ou 3 + 3 étamines et en lui enlevant des plantes qui en différaient profondément par la forme et l'imbrication des feuilles et surtout par le port. Si les *Frankenia* sont des arbustes ou des sous-arbrisseaux, ou plus rarement des herbes annuelles à tiges dressées ou couchées puis redressées, les *Anthobryum* sont des plantes alpines, naines et croissant en coussin très serré.

BIOLOGIE. — *Le développement de l'appareil copulateur des Planaires est sous la dépendance des glandes génitales.* Note de M. **A. Vandel**, présentée par M. Y. Delage.

Chez les Planaires Triclades, les glandes génitales (testicules, ovaires, cellules vitellogènes) sont réparties principalement dans la partie antérieure prépharyngienne du corps; les organes copulateurs sont, au contraire, situés dans la région postérieure postpharyngienne. Morphologiquement, les organes copulateurs se forment tout à fait indépendamment des glandes génitales; ils prennent naissance *in situ* dans le parenchyme de la région postpharyngienne et ne se mettent que secondairement en relation avec les glandes génitales (Ijima, E. Schultz, Curtis, Mattiesen). On peut donc considérer ces organes comme de véritables caractères sexuels secondaires n'ayant qu'un rapport indirect avec les gonades (caractères sexuels primaires).

Il m'a paru intéressant de préciser quel était le déterminisme du développement de ces organes copulateurs. J'ai utilisé dans ce but les processus de régénération qui sont si intenses chez les Planaires. La régénération des organes copulateurs n'a guère été étudiée que par E. Schultz (1902) et seulement au point de vue anatomique. J'ai repris l'étude de ces faits en me plaçant à un point de vue physiologique.

Mes expériences ont porté sur deux espèces : *Polycelis cornuta* Johnson et *Planaria alpina* Dana. Le procédé employé consiste à prendre des individus sexués et à les sectionner en arrière de la bouche et en avant de l'appareil copulateur. On étudie ensuite la régénération dans les deux fragments, antérieur et postérieur.

L'examen du tronçon antérieur est particulièrement instructif. La régénération des organes copulateurs (et musculo-glandulaires dans le cas

de *Pol. cornuta*) à l'intérieur de la partie postérieure du corps nouvellement reformée est très rapide. Le développement de ces appareils est déjà assez avancé au bout de 15 jours et il est presque complètement terminé 25 jours environ après l'opération. La rapidité de cette évolution est tout à fait frappante quand on la compare à la lenteur de la croissance de ces mêmes organes chez des animaux entiers, en voie de développement normal, bien nourris et cultivés à une température favorable (dans ce dernier cas les premières traces d'organes copulateurs n'apparaissent seulement qu'au bout de 2 à 3 mois). Mais, fait encore plus caractéristique, j'ai pu obtenir la régénération des organes copulateurs à une température de 16°-18°, alors que dans les conditions normales leur développement est impossible à cette température.

D'autres observations viennent ajouter à ces expériences des précisions intéressantes. J'ai, en particulier, constaté que la régénération est d'autant plus rapide et d'autant plus complète que les glandes génitales sont elles-mêmes plus nombreuses et plus développées. Certains individus dépourvus de cellules vitellogènes et chez qui les testicules étaient réduits à des masses pleines de spermatogonies n'ont présenté au bout de cinq semaines que des ébauches encore très rudimentaires du pénis et du canal utérin.

Enfin la contre-épreuve des recherches précédentes m'a été fournie par l'expérience naturelle suivante. Un individu de *Pol. cornuta*, opéré comme il a été dit précédemment, avait régénéré normalement sa partie postérieure; mais aucune trace d'organes copulateurs n'étant visible cinq semaines après l'opération, j'ai fixé l'animal et l'ai étudié sur coupes. J'ai ainsi pu constater que la région postérieure régénérée ne renfermait effectivement que du parenchyme et quelques branches intestinales. Mais le fait le plus intéressant révélé par l'examen des coupes est celui de la dégénérescence et de la destruction de toutes les cellules génitales (cette dégénérescence reconnaît probablement une origine parasitaire qui n'a pu être précisée). Cette castration avait permis la régénération de la partie postérieure, mais elle avait empêché le développement des organes copulateurs.

Tous ces faits conduisent à admettre que les glandes génitales contenues dans la partie antérieure de l'animal jouent un rôle important dans la régénération et le développement des organes copulateurs. Aucune autre hypothèse ne semble possible [1].

---

(1) Quant aux fragments postérieurs des Planaires sectionnées, j'ai pu constater, comme l'avait déjà fait H. F. Thacher (1902) sur *Pl. maculata* et F. Stoppenbrink (1905) sur *Pl. alpina*, qu'il y avait une rapide dégénérescence des organes copula-

Les phénomènes de croissance et de dégénérescence de l'appareil copulateur fourniraient encore beaucoup d'arguments en faveur de l'idée d'une action des glandes génitales sur le développement de l'appareil copulateur ([1]), mais ils ne peuvent être exposés ici.

Quelle est la catégorie de glandes qui intervient dans ce processus ? Il est probable que ce sont les testicules qui jouent ici le rôle principal; les ovaires, vu leur peu de développement chez les Planaires ne peuvent guère être mis en cause; quant aux cellules vitellogènes, elles peuvent être absentes ou du moins réduites à quelques cordons cellulaires pleins, et la régénération des organes copulateurs se produit cependant. D'autre part, dans le développement normal, les cellules vitellogènes n'apparaissent que fort tard, après les organes copulateurs.

Quel est enfin le mode d'action des glandes génitales sur les organes copulateurs ? Bien que dépourvu encore sur ce point d'expériences précises il me paraît vraisemblable que cette action se fait par une sorte de sécrétion (hormone) émise par les glandes génitales. Si mes présomptions se confirment, la théorie des hormones génitales, actuellement valable pour les seuls Vertébrés, s'appliquerait aussi à quelques Invertébrés autres que les Arthropodes.

ZOOLOGIE. — *Jeunes stades d'eau douce et biologie de la Lamproie marine.* Note ([2]) de M. **Louis Léger**, transmise par M. Kilian.

Le cycle biologique de notre Lamproie marine, *Petromyzon marinus* L., nous est encore presque complètement inconnu. Nous savons seulement que les adultes sexués remontent de la mer pour frayer en rivière au printemps, mais leurs larves n'ont pas été distinguées avec certitude de celles des autres espèces, on ignore où se passe leur métamorphose et l'on ne sait

---

teurs et que l'on n'en trouvait plus traces au bout de trois semaines. Cette dégénérescence est due principalement aux phénomènes de régulation, de remodelage, de refonte des tissus (*morphallaxis* de Morgan) qui ont lieu dans ces parties; mais elle est encore peut-être activée par l'absence presque complète des glandes génitales et des stimuli qu'elles peuvent fournir.

([1]) Les observations de W.-C. Curtis (1902) sur *Pl. maculata* sont particulièrement intéressantes à ce point de vue.

([2]) Séance du 19 janvier 1920.

ni quand, ni comment, ni sous quelle forme les jeunes gagnent la mer pour y effectuer leur croissance et atteindre leur maturité sexuelle.

Des pêches au troubleau effectuées dans les rivières où ces Lamproies viennent frayer en grand nombre, notamment dans la Vienne et dans l'Indre, m'ont donné, en toute saison, des stades Ammocètes de tailles variées (5^{cm} à 15^{cm}), mais je n'ai pu les rapporter avec certitude à *P. marinus*, car on trouve dans ces mêmes rivières les deux autres espèces de Lamproies *P. fluviatilis* et *P. planeri*. Je noterai seulement que ces larves qui, comme on le sait, vivent enfouies dans la vase ou le sable fin, ne montraient dans leur tube intestinal que des Algues microscopiques surtout des Diatomées et quelques Protozoaires, notamment des Arcelles.

Ne réussissant pas à trouver des stades plus avancés par ce procédé de pêche zoologique, je résolus d'utiliser pour mes recherches un mode de pêche plus ample et plus violent désigné sous le nom de *pêche à la braie* et pratiqué dans le pays pour la capture des Anguilles en migration de descente. On place à l'aval et au pied d'une vanne de barrage une longue poche faite de gros cordage, et il suffit de soulever quelque peu la vanne pour que l'eau s'y précipite avec impétuosité, entraînant avec elle les poissons de fond et même les parties superficielles meubles et vaseuses de ce fond qui filtrent ainsi à travers les mailles.

C'est en pratiquant cette pêche au début de l'hiver et pendant la nuit que j'ai pu recueillir en grand nombre les stades jeunes déjà métamorphosés du *P. marinus*. Entraînés avec la vase par la violence du courant, la plupart des sujets passaient à travers les mailles, mais il en restait toujours à chaque fois une notable quantité solidement fixés par leur ventouse aux cordes du filet.

Toutes les pêches pratiquées du 15 décembre à la fin janvier, à quelques kilomètres du confluent de l'Indre, furent également fructueuses; mais tout le reste de l'année, au dire des pêcheurs du pays, qui prenaient ces petites Lamproies pour des Sangsues, il est impossible d'en voir et d'en prendre avec n'importe quel engin et jamais ils ne les ont vues fixées sur des Poissons.

Toutes les jeunes Lamproies que j'ai capturées sont sensiblement d'égale taille, 16^{cm} à 20^{cm} de longueur sur 8^{mm} de diamètre en moyenne. Leur teinte est uniformément gris ardoise foncé, sans marbrures sur le dos et va en s'éclaircissant sur les flancs pour devenir presque blanche sur le ventre. Les deux nageoires dorsales sont nettement séparées par un intervalle de 8^{mm}. La partie antérieure de la tête fort allongée et la ventouse très développée donnent à l'animal un aspect étrange bien différent de celui de l'adulte. Les yeux sont complètement développés et l'armature buccale en tout point conforme à celle de l'adulte permet d'affirmer qu'il s'agit bien là du stade jeune de *P. marinus*. Chez quelques exemplaires examinés, l'intestin était vide. Chez tous la glande génitale est bien formée et les ovules mesurent déjà $0^{mm},1$ de diamètre.

Le fait de pêcher ces jeunes Lamproies en si grand nombre avec les Anguilles de descente, dans un engin tourné vers le courant, implique bien qu'elles se trouvent, comme celles-ci, en voie de migration vers la mer; et, étant donnée leur taille qui n'est pas supérieure à celle des plus grands Ammocètes, il n'est pas douteux qu'elles en sont à leur premier voyage. Du reste, s'il y avait eu une descente avant cet âge et, conséquemment, une migration de remontée, les engins de pêche plus fins que la braie qui travaillent à contre-courant en montreraient de plus petites à une époque quelconque de l'année. Or on n'en prend jamais que dans les braies au début de l'hiver et elles sont toutes de même taille.

Il paraît non moins certain qu'il n'y a pas d'autre retour en eau douce entre le stade jeune de descente que nous avons découvert et le stade adulte sexuel de remontée, car, de l'avis de tous, on ne prend jamais en eau douce de stades intermédiaires. Nous sommes ainsi autorisés à admettre que nos jeunes stades descendent à la mer pour la première fois et qu'ils y resteront jusqu'à leur âge adulte sexuel. Möbius et Heincke ont signalé, en 1883, la capture dans le port de Kiel, d'une jeune Lamproie marine de 25^{cm}. J'en possède une autre de 23^{cm} prise dans un estuaire du Golfe du Lion, collée sur un bateau. Moreau (1881) nous dit avoir reçu de Cette de petites Lamproies marines de 16^{cm} à 20^{cm}. Ce sont évidemment nos jeunes sujets arrivés à la mer.

Il arrive parfois, ainsi que je l'ai observé dans le lac du Bourget et Surface dans le lac Cayuga, que, par suite de phénomènes de désorientation, certains jeunes sujets ne trouvant plus le chemin de la mer restent enfermés (land-locked) en eau douce. Ils y grossissent néanmoins, vivant aux dépens des gros poissons sur lesquels ils se fixent et qu'ils sucent; mais ils n'atteignent jamais la taille des individus normaux qui, effectuant leur croissance en mer, trouvent là, par le même procédé, et dans un milieu sans doute plus favorable à leur développement, une nourriture plus copieuse et plus substantielle.

En résumé, nos observations et déductions permettent de distinguer dans la vie normale de la Lamproie marine qui remonte nos cours d'eau du centre trois périodes :

1° Période larvaire en eau douce, longue de plusieurs années (au moins quatre ou cinq ans d'après ce que l'on sait de l'âge des Ammocètes) avec régime mixte (micro-organismes végétaux et animaux) et se terminant par la métamorphose donnant de jeunes Lamproies de 16^{cm} à 20^{cm} ayant déjà les caractères de l'adulte, qui gagnent la mer en fin d'automne avec les convois d'Anguilles en migration de descente.

2° Période de croissance en mer, à régime carnassier parasitaire, vraisemblablement plus courte, si l'on en juge par la croissance si rapide des autres poissons potamotoques tels que le Saumon, et aboutissant au stade adulte sexuel.

3º Période sexuelle, à alimentation ralentie et bientôt nulle, marquée par le début de leur retour dans les fleuves, souvent avec les convois d'Aloses ou de Saumons, et plus courte encore que la précédente si l'on admet, comme je l'ai constaté après de nombreux observateurs, que leur voyage de noces en eau douce est la dernière étape de leur existence.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1919 (*suite et fin*).

Matériaux pour la carte géologique de la Suisse. Nouvelle série : 30e livraison : *Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander*, par MAURICE LUGEON. Berne, Franck, 1918; 1 vol. 31cm. (Présenté par M. Termier.)

La matière et la vie, par H. GUILLEMINOT. Paris, Ernest Flammarion, 1919; 1 vol. 18cm. (Présenté par M. Violle.)

Essai sur la faune du Callovien du département des Deux-Sèvres, par PAUL PETITCLERC. Vesoul, Louis Bon, 1915; 2 fasc. 28cm.

Note sur des fossiles nouveaux rares ou peu connus de l'est de la France, par PAUL PETITCLERC, suivie d'études par ALBERT DE GROSSOUVRE. Vesoul, 1916-1917; 1 fasc. 28cm.

Note sur plusieurs espèces d'ammonites nouvelles, rares ou peu connues du Callovien moyen des environs de Niort, par PAUL PETITCLERC. Vesoul, L. Bon, 1918; 1 fasc. 28cm.

Spencer Fullerton Baird a biography, by WILLIAM HEALEY DALL. Philadelphia and London, J.-B. Lippincott, 1915, 1 vol. 23cm.

Cambrian geology and paleontology, IV, n° 4. *Appendages of trilobites*, by CHARLES D. WALCOTT. Washington, Smithsonian Institution, 1918; 1 fasc. 25cm.

Crónica da ordem dos frades menores (1209-1285), par JOSÉ JOAQUIM NUNES, vol. I et II. Coïmbra, Imprensa da Universidade, 1918; 2 vol. 23cm.

Relaçao da Embaixada a França em 1641, par JOAO FRANCO BARRETO. Coïmbra, Imprensa da Universidade, 1918; 1 vol. 23cm.

A suposta salicilagem dos vinhos portugueses no Brasil (1900-1902), par A. J. FERREIRA DA SILVA. Coïmbra, Imprensa da Universidade, 1919; 1 vol. 25cm.

Autographos de Morelos. Mexico, Imprenta de la Secretaria de Gobernacion, 1918; 1 vol. 35cm.

ERRATA.

—

(Séance du 5 janvier 1920.)

Note de M. *Jules Andrade*, Sur le contrôle expérimental des vibrations pendulaires doublement amorties.

Page 43, dans le second membre de l'équation (4), *au lieu de* θ^n, *lire* λ^n.

Même page, ligne 3 en remontant, *remplacer* le radical $\sqrt{\frac{1-q^2}{4k^2}}$ par $\sqrt{1-\frac{q^2}{4k^2}}$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 FÉVRIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

J'ai à vous annoncer la mort récente d'un de nos correspondants les plus éminents, le professeur **Jules Boulvin**, ingénieur principal de la marine belge et titulaire du cours de Mécanique appliquée à l'Université de Gand.

Le professeur Boulvin est bien connu par ses belles études sur les moteurs thermiques, et par son grand Ouvrage de Mécanique appliquée, en huit volumes, Ouvrage qui a été publié en France et a eu plusieurs éditions.

Il a développé largement la théorie et les applications du diagramme entropique et, en même temps aussi, du diagramme dynamique. Il a pu ainsi analyser avec une précision très grande, qui, même, a paru inespérée, les étapes et actions successives de la vapeur dans les machines. Il a présenté la critique raisonnée, très profonde, de plusieurs moteurs connus, en faisant ressortir, plus nettement que ses devanciers, le rôle exact des enveloppes de vapeur, de la surchauffe, de la double et triple expansion.

Son œuvre est aujourd'hui classique, et il a reçu dans son pays les plus hautes distinctions qui soient accordées aux hommes de science. Au congrès mondial de Mécanique appliquée, réuni à Paris en 1900, lors de l'Exposition universelle, et présidé suivant l'usage par un Français, il a été l'un des deux vice-présidents.

Pendant la guerre, lorsque l'Université de Gand a été germanisée, le professeur Boulvin a refusé les offres allemandes; il a repris son cours seulement après l'armistice. Il y a juste quinze jours, il a fait sa dernière leçon;

puis il a été emporté brusquement par une maladie grave à évolution très rapide.

L'Académie s'incline devant la valeur de l'homme et s'associe pleinement au deuil de la science belge et de l'Université de Gand.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydrogénation des alcools primaires et des alcools secondaires par oxydation catalytique. Méthode générale de préparation des aldéhydes et des cétones.* Note de MM. **Charles Moureu** et **Georges Mignonac.**

1. L'oxydation catalytique des alcools par l'oxygène ou l'air a donné lieu à un très grand nombre d'observations. On a le plus souvent employé le platine sous divers états (Davy, Grimaux, Strecker, Trillat). Sabatier et Mailhe ([1]), en même temps que Matignon et Trannoy ([2]), ont montré que les oxydes de fer, de cuivre, de nickel, de cobalt, d'argent, de chrome, de manganèse, d'uranium, possèdent des propriétés catalytiques comparables à celles du platine divisé. Plus tard, Max Leblanc et Plaschke ([3]), puis Fokine ([4]), ont étudié plus spécialement l'oxydation de l'alcool méthylique en vue de la préparation de l'aldéhyde formique. Fokine a examiné à cet effet l'action de différents catalyseurs à température élevée (au rouge); il a pu classer l'or, le cuivre et l'argent parmi les catalyseurs les plus actifs.

2. Ayant eu à réaliser la transformation de l'alcool butylique secondaire en méthyléthylcétone, nous avons cherché à effectuer la déshydrogénation par oxydation catalytique. Nous avons oxydé cet alcool d'abord en présence de cuivre, puis en présence d'argent. Ce dernier catalyseur a donné des résultats excellents : il est, en effet, doué d'une très grande activité, et, dans les conditions où nous nous sommes placés, nous avons pu constater que son pouvoir catalytique se maintenait indéfiniment. Après l'avoir utilisé avec un plein succès pour la préparation de la méthyléthylcétone, nous avons généralisé la méthode en l'appliquant à la déshydrogénation de divers alcools.

([1]) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1394.
([2]) Matignon et Trannoy, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1210.
([3]) Max Leblanc et Plaschke, *Zeitsch. Electrochemie*, t. 17, 1911, p. 45-47.
([4]) Fokine, *Journ. Chim. Phys. russe*, t. 45, 1913, p. 286-288.

On prépare l'argent très divisé destiné à ces opérations en le précipitant de sa solution de nitrate, par de l'aldéhyde formique, sur un support inerte tel que l'amiante.

3. On place le catalyseur dans un tube de verre sur une certaine longueur (10^{cm} à 12^{cm}), et, au sein de la masse catalytique ainsi disposée, on introduit un couple thermo-électrique, qui permet de connaître la température et de conduire l'opération.

Sur le catalyseur porté à une température comprise entre 230° et 300°, on dirige un mélange d'air et de vapeurs d'alcool. La proportion d'air est voisine de celle qui est théoriquement nécessaire pour transformer l'alcool en aldéhyde ou en cétone. La pratique montre cependant que, le plus souvent, on a avantage à employer une quantité d'air un peu inférieure à la quantité théorique. L'oxydation a lieu immédiatement, et la température du catalyseur s'élève; on la maintient dans les limites convenables.

4. Cependant, en opérant comme nous venons de l'indiquer, il est très difficile de maintenir la masse catalytique à une température peu élevée. L'argent est, en effet, un catalyseur très actif, et la réaction a lieu sur les premières portions d'amiante argentée rencontrée par le mélange gazeux, de sorte que la température du catalyseur s'élève, et elle atteint souvent le rouge. Il s'ensuit une décomposition des produits formés. On a avantage, pour éviter ces décompositions et rendre l'opération plus régulière, à procéder à une oxydation fractionnée, en l'effectuant sur deux masses catalytiques placées l'une à la suite de l'autre. On fait arriver sur la première les vapeurs de l'alcool à traiter mélangées d'une quantité d'air notablement inférieure (40 à 50 pour 100) à la quantité calculée. L'oxydation se poursuit ici dans d'excellentes conditions. Les produits qui en résultent passent sur la deuxième masse catalytique, où ils rencontrent le complément d'air nécessaire; la réaction y est également très régulière, parce que l'air s'y trouve très dilué. Au point de vue de la pratique, il est très facile de régler les différents débits en vue de faire travailler les deux masses catalytiques à la même température [1].

5. Les neuf alcools suivants ont été traités selon l'une ou l'autre des deux tech-

---

[1] Nous nous sommes bornés à l'étude d'un dispositif comportant seulement deux masses, mais on conçoit que, dans certains cas, il puisse y avoir avantage à en employer toute une série.

niques que nous venons de décrire. Ils nous ont généralement fourni les aldéhydes ou cétones correspondants avec de bons rendements (60 à 96 pour 100).

Alcool méthylique. — L'alcool méthylique a été oxydé dans un appareil comprenant deux masses catalytiques, que l'on a maintenues, pendant toute la durée de l'opération, à 360°-400°. Le rendement en aldéhyde formique, par rapport à l'alcool transformé, est de 62 pour 100. Dans les gaz dégagés, on observe la présence d'oxyde de carbone, d'hydrogène et de gaz carbonique. A cette température, en effet, l'aldéhyde doit se décomposer partiellement en hydrogène et oxyde de carbone; quant au gaz carbonique, il provient du dédoublement de la petite quantité d'acide formique produite.

Alcool éthylique. — L'alcool éthylique, oxydé comme l'alcool méthylique, mais à température un peu plus basse (340°-380°), conduit à l'aldéhyde éthylique avec un rendement de 89 pour 100 de l'alcool transformé, sans formation appréciable d'acide acétique. Le gaz évacué de l'appareil ne renferme pas d'oxygène; on y constate la présence de gaz carbonique (0,5 à 1 pour 100) et d'oxyde de carbone (3 à 5 pour 100).

Alcool butylique normal. — Cet alcool, oxydé sur deux masses catalytiques maintenues à 330°-350°, donne très aisément le butanol; le rendement est de 93 pour 100 de l'alcool transformé.

Alcool amylique. — L'alcool amylique, traité dans les mêmes conditions que l'alcool butylique, conduit à l'aldéhyde avec un rendement de 94 pour 100.

Alcool allylique. — L'acroléine s'obtient facilement par oxydation de l'alcool allylique. L'opération a été réalisée dans un appareil ne comprenant qu'une seule masse catalytique, la quantité d'air employée étant inférieure d'un tiers à la quantité théorique. Le rendement est de 70-75 pour 100 de l'alcool transformé.

Alcool benzylique. — C'est également dans un appareil ne comprenant qu'une seule masse catalytique que nous avons réalisé l'oxydation de l'alcool benzylique. Ici encore, pour éviter une trop grande élévation de température du catalyseur, on a réduit la proportion d'air. En opérant à 300°, on transforme très régulièrement l'alcool en aldéhyde. La quantité d'aldéhyde produite correspond sensiblement à l'air utilisé. On transforme en un seul passage 40 pour 100 de l'alcool, et le rendement en aldéhyde est de 80 pour 100 de l'alcool transformé.

Alcool cinnamique. — L'alcool cinnamique, traité comme l'alcool benzylique, a conduit à l'aldéhyde avec un rendement de 60 à 70 pour 100.

Alcool isopropylique. — L'obtention de l'acétone par oxydation de l'alcool isopropylique est très aisée (appareil à une seule masse catalytique). Le rendement en cétone est de 90 pour 100.

Alcool butylique secondaire. — L'alcool butylique secondaire a été traité suivant les deux techniques. Quoique, avec une seule masse catalytique, la réaction ait lieu très régulièrement, sans décomposition sensible des produits et avec d'excellents rendements (90 à 95 pour 100), il y a néanmoins avantage à procéder par catalyse

fractionnée : l'opération est alors plus facile à conduire, pour un appareil déterminé le débit est plus grand, et, en outre, le rendement est augmenté de 2 ou 3 pour 100. En opérant sur des masses catalytiques maintenues à 350°-400°, en présence d'une quantité d'air inférieure de 10 pour 100 à la quantité théorique, on constate que le gaz est constitué par de l'azote sensiblement pur, ne contenant que très peu de gaz carbonique et d'oxyde de carbone. Le rendement en cétone est de 94 à 96 pour 100 de l'alcool transformé.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'arsenic normal des tissus vivants et les traces d'iode trouvées dans l'air et dans les eaux. — Quelques rectifications nécessaires.* Note (¹) de M. **A. Gautier**.

a. Arsenic normal des tissus animaux. — Je crois nécessaire de signaler, encore une fois, que, répétant mes expériences relatives aux traces d'arsenic que j'avais découvertes dans la plupart des tissus animaux (1899), et tout en confirmant ce fait aussi bien que celui de la localisation de ces traces, particulièrement dans les tissus d'origine ectodermique (poils, cheveux, épiderme, etc.) par lesquels cet arsenic s'élimine, j'ai plus tard fait remarquer que je ne trouvais plus dans les glandes, en particulier dans la thyroïde, les quantités d'arsenic que j'y avais autrefois signalées (²). Trois ans après ces premières publications, je pus me convaincre que les quantités d'arsenic que je dosais ainsi étaient toujours un peu trop fortes (³). En effet, dans ces recherches, lorsqu'on détruit la matière animale par le mélange nitrosulfurique d'acides purs, puis qu'on reprend par l'eau chaude le résidu charbonneux et qu'on précipite l'arsenic dissous dans la liqueur en y faisant passer un courant de H^2S, ce gaz apporte le plus souvent un peu d'hydrogène arsénié qui, au contact de la liqueur, encore légèrement nitrique, s'oxyde et donne une trace de sulfure arsenical. J'ai déjà signalé, en juillet 1903, cette cause d'erreur que comportent la plupart des recherches publiées à ce sujet par moi ou par d'autres avant cette époque.

Cette remarque ne modifie en rien d'essentiel mes premières conclusions sur l'arsenic normal, sa localisation ectodermique et son mode d'élimination, mais je crois d'autant plus important de la renouveler que l'on emploie généralement la méthode de destruction des tissus, dont je parle, dans les expertises médico-légales, et que l'on se croit à l'abri de tout doute

(¹) Séance du 26 janvier 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 929; t. 130, 1900, p. 284.

(³) *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, t. 29, 1903, p. 867.

quand on a soigneusement constaté d'avance l'absence complète d'arsenic dans les acides nitrique, sulfurique, chlorhydrique, ou le sel marin employés.

J'ajoute enfin que je ne connais aucune bonne méthode de dosage de l'arsenic quand ce métalloïde a été introduit dans l'économie sous forme de cacodylates, arrhenal, arsenobenzol, etc.

b. Iode des eaux ou de l'air. — Cherchant en 1899 les traces d'iode qui pouvaient exister dans l'air ou les eaux, particulièrement les eaux de mer, je l'y rencontrai sous forme d'iodures solubles et d'algues microscopiques iodées. Je publiai le résultat de mes dosages ([1]). Plus tard, voulant savoir si l'iode des eaux de mer subit des variations suivant les lieux et les époques, je repris ces recherches à de longs intervalles (1899 et 1909) sur des eaux de mer que S. A. le Prince de Monaco avait bien voulu faire puiser à mon intention en Méditerranée, dans l'Atlantique, etc., à des profondeurs variables pouvant dépasser 4000^{m}. J'ai pu constater que ces eaux contiennent l'iode sous les deux états, soluble ou en suspension, mais je n'ai jamais pu retrouver les proportions que j'en avais trouvé dans la Méditerranée. Dans plusieurs cas, même, la recherche de l'iode *dissous* dans ces eaux de mer fut complètement négative; mais dans ces cas encore, je trouvais toujours des traces d'iode à l'état insoluble (Algues ou Plankton).

Je rapprocherai ce résultat, bien singulier, de l'absence complète ou apparente d'iodures dans certaines eaux de mer, des observations faites autrefois par J.-B. Boussingault qui, ayant voulu vérifier les recherches de Marchand sur l'iode que celui-ci avait signalé dans les eaux de mer des côtes de Bretagne, ne put y déceler la plus faible trace d'iodure dissous. Moi-même j'avais annoncé, en 1899, qu'à ma grande surprise je ne trouvais pas d'iodures dissous dans les eaux de marais salants de la Méditerranée concentrées, par la chaleur solaire.

M. **Henri Lecomte** fait hommage d'un exemplaire d'un travail qu'il vient de terminer et qui a pour titre : *Atlas des bois de l'Indo-Chine*.

Ce travail comprend, pour 125 bois d'origine botanique rigoureusement déterminée :

([1]) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 643, 1069, 1196, et t. 129, 1899, p. 9.

1° Une diagnose botanique permettant aux agents forestiers de déterminer les arbres;

2° Les indications recueillies dans le pays sur les propriétés spéciales connues et les usages locaux ;

3° Deux microphotographies au grossissement uniforme de 30 diamètres : *a*. En section transversale; *b*. En section longitudinale tangentielle (perpendiculaire aux rayons);

4° Un résumé très succinct des caractères micrographiques du bois.

Dans une Introduction, l'auteur indique les caractères de structure qu'il convient de retenir et fournit des tableaux analytiques pour la reconnaissance des bois d'Indo-Chine étudiés.

Ce travail, entrepris à l'aide de matériaux recueillis et obligeamment communiqués par la misson Aug. Chevalier, a été demandé à M. H. Lecomte par l'Agence économique de l'Indo-Chine, dont la direction a pris à tâche de faire connaître les divers produits de notre grande colonie d'Extrême-Orient.

ZOOLOGIE. — *Une Tortue extraordinaire* : Testudo Loveridgii, *sp. n.* Note (¹) de M. **G.-A. Boulenger.**

Dans l'Erpétologie générale de Duméril et Bibron, qui, en France, a servi de guide pour l'étude des Reptiles jusque vers la fin du siècle dernier, « carapace très bombée » par opposition à « carapace déprimée », fait partie de la diagnose (²) des Chéloniens terrestres ou Chersites. Sans être du tout exacte, puisqu'une Tortue terrestre telle que le *Homopus areolatus* peut avoir la dossière plus aplatie que bien des Tortues aquatiques, du groupe des *Batagur* par exemple, cette définition répondait à l'idée qu'on se faisait généralement d'une Tortue terrestre, elle a été acceptée et elle a induit en erreur plus d'un paléontologiste.

Sans avoir moi-même jamais attaché beaucoup d'importance au degré de convexité de la carapace, ce n'est pas sans étonnement que j'ai reçu dernièrement de M. Loveridge, du musée de Nairobi, plusieurs exemplaires d'un *Testudo*, assez voisin du groupe du *T. geometrica*, recueillis par lui en Afrique orientale à Dodoma, entre Kilossa et Tabora, dont la carapace est

(¹) Séance du 26 janvier 1920.

(²) Tome 9, 1854, p. 219.

excessivement aplatie, plus que chez n'importe quel Testudinide aquatique; en outre, sauf pour la région marginale, ce qu'on nomme *la boîte osseuse* n'existe pas : la Tortue est molle. L'examen de l'intérieur de la carapace m'a montré qu'à part la colonne vertébrale et les plaques marginales, nuchale et sus-caudale comprises, il n'y a pas la moindre trace d'ossification : ni côtes, ni plaques neurales et pleurales; l'ossification du plastron correspond à celle d'un *Testudo* nouveau-né (¹); l'animal n'est protégé, sur le dos et sur le ventre, que par des plaques cornées qui se laissent facilement entamer par des ciseaux de poche.

Cette Tortue extraordinaire se rapproche d'une autre décrite il y a 17 ans par Siebenrock sous le nom de *Testudo Tornieri* (²), d'après un individu desséché dont l'état de conservation ne permettait pas de juger de la forme exacte; cet individu est de Busisi, sur le lac Victoria; un second, de Lindi, a permis à Siebenrock de compléter sa description; en 1911, Lönnberg (³) en trouvait un troisième individu à Njoro (1° Lat. N.) au milieu de broussailles épineuses, et constatait une réduction d'ossification de la carapace et du plastron que Siebenrock avait d'abord attribuée à une conservation défectueuse ou à un état pathologique.

Grâce à M. Loveridge, j'ai maintenant sous les yeux six individus d'une espèce voisine dont la carapace mesure de 52^{mm} à 1500^{mm} de longueur et 50^{mm} à 1180^{mm} de largeur. Le plus petit, qui doit être dans sa première année, ne diffère pas par la forme d'un *Testudo pardalis* ou *græca* du même âge : la carapace est tout aussi convexe (diamètre vertical 27^{mm}, contre 32^{mm} chez le plus grand individu), les côtes sont présentes et il y a une série de petites plaques neurales. Ces os doivent donc se résorber plus tard par une sorte d'ostéomalacie dont nous voyons une première indication chez le *Testudo Tornieri*.

Siebenrock décrit la plaque sus-caudale comme simple; elle est divisée, complètement ou incomplètement, chez les six individus que j'ai pu examiner. Un de ceux-ci présente une anomalie remarquable : il n'y a que quatre plaques vertébrales, la troisième se termine en pointe et est séparée de la dernière par un espace occupé par la troisième paire de costales formant une suture médiane. Chez tous, la carapace est beaucoup plus large que chez le *T. Tornieri*.

(¹) Voir RATHKE, *Entw. d. Schildkr.*, pl. III, fig. 9 et 10.
(²) *Sitzb. Akad. Wien*, t. 112, p. 443; t. 113, p. 29.
(³) *Svensk. Vetensk. Akad. Handl.*, t. 47, n° 6, p. 7.

La coloration varie considérablement : les stries noires sur les plaques de la carapace peuvent être étendues au point de constituer la teinte du fond, sur laquelle se détachent d'étroits rayons jaunes; ou bien la carapace peut être de teinte fauve très pâle à étroits rayons noirs sur les plaques. Le tout jeune individu est d'un brun jaunâtre sans taches, ses plaques cornées dorsales étant restreintes à l'aire de naissance qui persistera, sans changement d'étendue et de coloration, jusqu'à l'âge adulte.

Ce *Testudo Loveridgii* nous offre le premier exemple d'un Reptile dépourvu de côtes à l'état adulte, un cas unique d'ostéolyse normale.

Nous avons de plus à considérer un très singulier exemple de régression et à nous demander quelles sont les conditions d'existence qui ont pu permettre à un être de se débarrasser d'une protection qui semble si efficace et qui atteint un haut degré de perfection dans le genre auquel il appartient, sans toutefois réaliser son apogée comme dans les Tortues à boîte (*Cistudo*, *Cinosternum*). Certainement, l'animal s'allège ainsi d'un fardeau, ce qui lui permet de se déplacer plus facilement; mais on ne conçoit l'avantage d'une telle régression que pour une forme fluviatile ou marine (*Trionyx*, *Dermochelys*); on s'explique aussi l'amincissement remarquable de la carapace chez certaines Tortues géantes des îles Galapagos, vivant à l'abri d'ennemis, ce qui ne doit pas être le cas ici. Le seul avantage paraît être de permettre à cette Tortue de se mettre rapidement à couvert entre ou sous des pierres, comme le font les Lézards et les Serpents.

La région qu'habite le *Testudo Loveridgii* est aride, sablonneuse et rocailleuse, à végétation épineuse. M. Loveridge, qui a observé ces Tortues vivantes, m'informe qu'elles ont la faculté d'élever et d'abaisser la dossière par l'action des poumons et qu'elles en profitent pour pénétrer dans des crevasses de rochers et entre les pierres, d'où il est très difficile de les déloger.

M. **E. Bertin** fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de publier sous le titre : *La guerre navale en* 1919 : *Les Bolchevistes de Cronstadt*.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de trois membres de la division des sciences mathématiques et de trois membres

de la division des sciences physiques qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la commission chargée de dresser une liste de candidats à chacune des deux places vacantes parmi les Associés étrangers par suite du décès de Sir *William Ramsay* et de Lord *Rayleigh*.

MM. **Lippmann**, **Émile Picard**, **Hamy**; **Edmond Perrier**, **Haller**, **A. Lacroix** réunissent la majorité absolue des suffrages.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Flahault*, élu Membre non résidant.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. Chodat obtient.	44 suffrages
M. Massart »	1 suffrage
M. Scott »	1 »

M. **Chodat**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Lépine*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 41,

M. Ch. Nicolle obtient	35 suffrages
M. Bordet »	6 »

M. **Ch. Nicolle**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des deux places d'Astronome titulaire actuellement vacantes à l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à une commission composée des Sections de Géométrie, Astronomie, Géographie et Navigation et du Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une congruence entre les nombres de Bernoulli*. Note de M. **Lucas de Pesloüan**, transmise par M. G. Humbert.

Désignons par $\Delta_q^m(f_e)$ la différence $m^{\text{ième}}$ de raison q portant sur e; par p un nombre premier; par a un nombre entier premier à p; par $\left[\frac{m}{r}\right]$ un symbole égal à 1 si r divise m, nul dans le cas contraire; par (m) la factorielle $\frac{\overline{m+\alpha}\,!}{m\,!}$, α dépendant, comme nous le verrons, de m ou de p. L'adjonction de ce facteur a pour effet de conserver le degré des congruences.

Nous avons, sans qu'il y ait lieu d'insister sur les démonstrations, les résultats suivants :

$$(1)\qquad \Delta_p^m\left(\frac{1}{e}\right) \equiv 0 \pmod{p^m} \qquad \text{pour } e \text{ non congru à } p,$$

$$(2)\qquad \Delta_{p-1}^m(C_e^\sigma a^{e-\sigma}) \equiv 0 \pmod{p^{m-\sigma}},$$

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\overline{m+\alpha}\,!}{m\,!}\Delta_{p-1}^m\left(\dfrac{C_{e-1}^{\sigma-1}}{\sigma}a^{e-\sigma}\right) \equiv \dfrac{\overline{m+\alpha}\,!}{m\,!}\Delta_{p-1}^m\left(\dfrac{C_{e-1}^{\sigma-1}}{\sigma}\dfrac{a^e}{1-a^e}\right) \equiv 0 \\ \qquad \pmod{p^{m-\sigma+1}} \qquad \text{pour } \sigma < p^{\alpha+1}, \end{cases}$$

$$(4)\qquad \begin{cases} \dfrac{\overline{m+\alpha}\,!}{m\,!}\Delta_1^m\left(\dfrac{a^{e(p-1)}}{e}\right) \equiv \dfrac{\overline{m+\alpha}\,!}{m\,!}\Delta_1^m\left(\dfrac{1}{e}\right) \pmod{p^{m+1}}, \\ \qquad \text{avec } \alpha = 3 \text{ pour } p > 3 \text{ et } \alpha = 5 \text{ pour } p = 3. \end{cases}$$

Soit

$$(5)\qquad f_e = \frac{1^e + 2^e + \ldots + \overline{p-1}^e}{e} = \frac{S_p^e}{e} \qquad \text{et } a \text{ une racine primitive } \pmod{p},$$

$$\frac{S_p^e}{e} = \frac{1}{e}\,\frac{a^e - a^{pe}}{1-a^e} + \sum_\sigma p^\sigma \sum_b \alpha_b^\sigma \frac{C_{e-1}^{\sigma-1}}{\sigma} a^{(e-\sigma)b}$$

$$= \frac{a^e}{1-a^e}(1-a^{p-1}) - \sum_\sigma \left[\frac{C_{e-1}^{\sigma-1}}{\sigma}\,\frac{a^e}{1-a^e}(a^{p-1}-1)^\sigma + p^\sigma \sum_b \alpha_b^\sigma \frac{C_{e-1}^{\sigma-1}}{\sigma} a^{(e-\sigma)b}\right],$$

d'où, pour $m<p^s$, α étant le plus grand des nombres $s+1$ ou 3 (ou 5) définis au (3) et au (4), et, par application de (4),

$$(m)\Delta_{p-1}^m\left(\frac{S_p^e}{e}\right)\equiv(m)\left[\frac{e}{p-1}\right]\Delta_{p-1}^m\left(\frac{p-1}{e}\right)\qquad(\text{mod}\, p^{m+1}).$$

Soit

(6) $$f_e=B_e\qquad(B_e \text{ nombre de Bernoulli}),$$

nous avons, d'après l'identité

$$\frac{px}{1-e^{px}}\sum\frac{S_p^e}{e}x^e=p\frac{x}{1-e^x},$$

$$pB_e=C_e^0S_p^e+\ldots+p^\sigma C_\sigma^e B_\sigma S_p^{e-\sigma}+\ldots.$$

B_e (théorème de V. Standt) est de la forme $M_e-\sum\frac{1}{p_e}$, M_e étant entier et la somme s'étendant aux nombres premiers p_e tels que p_e-1 divise e. Posant alors $m=\lambda(p-1)+\mu$ et $e=e_1(p-1)+e_0$, nous obtenons après réduction

$$p\,\Delta_{p-1}^m(B_e)\equiv-p^{\lambda(p-1)-1}\Delta_{p-1}^\mu(S_p^{e_0})\sum_{r=1}C_m^{r(p-1)}\qquad(\text{mod}\, p^m).$$

Or on démontre que $\sum_k C_m^{k(p-1)}\equiv\left[\frac{m}{p-1}\right](\text{mod}\, p)$, d'où

$$\Delta_{p-1}^m(B_e)\equiv\left[\frac{e}{p-1}\right]\left[\frac{m}{p-1}\right]p^{m-2}\qquad(\text{mod}\, p^{m-1}).$$

Soit

(7) $$f_e=\frac{B_e}{e}\qquad\text{et}\qquad m<p^s.$$

Le nombre α étant défini au (5), nous avons, pour les mêmes valeurs de m et de e qu'au (6), après réduction,

$$p(m)\Delta_{p-1}^m\left(\frac{B_e}{e}\right)\equiv(m)\Delta_{p-1}^m\left(\frac{S_p^e}{e}\right)-p^{\lambda(p-1)-1}\frac{(m)}{m+1}\Delta_{p-1}^{\mu+1}(S_p^{e_0})\sum_{r=1}C_{m+1}^{k(p-1)}\quad(\text{mod}\, p^{m+1})$$

et, par application de (5),

$$p(m)\Delta_{p-1}^m\left(\frac{B_e}{e}\right)\equiv(m)\left[\frac{e}{p-1}\right]\Delta_{p-1}^m\left(\frac{p-1}{e}\right)+\frac{(m)}{m+1}\left[\frac{e}{p-1}\right]\left[\frac{m}{p-1}\right]p^m\quad(\text{mod}\, p^{m+1}).$$

Corollaires. — Ces calculs ne supposent pas que e soit premier à p. Soit alors $\left[\frac{e}{p-1}\right]=0$, nous obtenons pour $m=1$

$$\frac{B_e}{e}\equiv\frac{B_{e+p-1}}{e+p-1}\qquad(\text{mod}\, p).$$

Si e est divisible par p^n, il en est de même de B_e : *Le numérateur d'un nombre de Bernoulli est divisé par tout diviseur de son indice qui est premier avec son dénominateur.*

Soit ensuite $e = e_0 p^n (p-1)$, on verrait pour $m = 1$ et posant

$$B_e = D_e - \frac{1}{p}$$

que le numérateur de la quantité $D_e - 1$ est divisible par p^n.

Posons

$$\Delta_1^m \left(\frac{1}{e}\right) = (-1)^{e-1} k_m^{e+m} \qquad \text{et} \qquad -\frac{B_e}{e} = \Gamma_0^e.$$

Considérons les expressions (symboliques)

$$(1+x)^m \operatorname{Log}(1+x) = \Sigma x^\lambda k_m^\lambda,$$
$$\varphi(\Gamma_0 x) = \Sigma x^\lambda \Gamma_0^\lambda.$$

Les résultats (1) et (7) permettent d'écrire

$$(1+x^p)^m \operatorname{Log}(1+x) \equiv \frac{1}{p}(1+x^p)^m \operatorname{Log}(1+x^p) \qquad (\operatorname{mod} p^m),$$

$$(m)(1-x^{p-1})^m \varphi(\Gamma_0 x) \equiv \frac{(m)}{p}(1-x^{p-1})^m \operatorname{Log}(1-x^{p-1}) \qquad (\operatorname{mod} p^m).$$

Ces expressions symboliques expriment des relations entre les coefficients des développements des deux membres, réserve faite des mp premiers coefficients du premier membre pour la première, des $m(p-1)$ premiers pour la seconde. Elles sont susceptibles de quelques applications.

AVIATION. — *Étude du vol à la voile dans la Haute-Guinée.* Note de M. **P. Idrac**, présentée par M. H. Deslandres.

Dans des Notes publiées aux *Comptes rendus* du 20 octobre et du 8 décembre 1913, nous avons exposé les premiers travaux concernant le vol à voile. Ces travaux, interrompus pendant la guerre, ont été poursuivis à la fin de 1919, grâce à une subvention du Service des Inventions.

Rappelons qu'on a donné le nom de vol à voile au vol de divers grands oiseaux qui évoluent dans les airs sans donner aucun mouvement des ailes. De nombreuses théories ont été émises sur ce genre de vol, et exposées dans divers ouvrages (voir Cousin, Lanchester, etc.). Parmi ces théories sont seules acceptables celles qui reposent sur l'utilisation par l'oiseau de

l'énergie interne du vent. Dans les cas particuliers examinés dans les Notes précitées, c'est une composante ascendante du vent qui fournissait l'énergie nécessaire à la sustentation.

Il paraissait douteux qu'il en soit ainsi dans le cas général, et particulièrement au-dessus de certaines plaines d'Afrique où les oiseaux évoluent constamment et sur des espaces considérables (voir particulièrement les célèbres observations de Mouillard, dans *L'Empire de l'Air*).

De nouveaux procédés ont été mis en œuvre pour étudier les irrégularités du vent et la composante horizontale et verticale de sa vitesse aux points d'évolution des oiseaux. Nous utilisions dans ce but les cerfs-volants anémomètres du Service des Inventions, qui permettent de mesurer la vitesse et les irrégularités du vent au moyen d'un dynamomètre dont les indications ont été contrôlées par diverses méthodes. De plus, pour l'étude particulière de la composante verticale, nous utilisions ces cerfs-volants pour servir de support à des corps dont l'inclinaison sur la verticale était fonction de l'angle du vent avec l'horizontale. Cette inclinaison était déterminée du sol par une méthode trigonométrique et en utilisant une lunette de Rochon. On pouvait dès lors, connaissant la vitesse du vent, déterminer les composantes horizontales et verticales.

Ces procédés ont été joints à la méthode du ballon-sonde, décrite dans les Notes précitées, et qui a subi quelques modifications. En particulier, nous avons donné au ballon-sonde une faible vitesse ascensionnelle et substitué à la photographie l'emploi d'une lunette de Rochon, afin de pouvoir sonder l'atmosphère à plus grande distance et à plus grande hauteur. Une étude complète des causes d'erreur de cette méthode a été faite et elle a abouti à des conclusions affirmatives au sujet de son emploi.

Ces divers modes opératoires ont permis de faire des sondages aérodynamiques aux différents points d'évolution des oiseaux voiliers. Nous avons particulièrement opéré aux environs de Dakar et en Haute-Guinée.

Or, dans ces régions, les expériences faites cet automne nous ont permis de constater les fait suivants :

1° Le vent a, dans ces régions, presque toujours une composante verticale, et, si l'on faisait un diagramme de la composante verticale du vent dans un plan horizontal à une certaine hauteur au-dessus du sol, on constaterait l'existence de plages positives (composante ascendante) et de plages négatives (composante descendante), les unes restant fixes (quand elles sont dues à des obstacles naturels), et les autres se déplaçant sans loi apparente et dues à des causes encore indéterminées.

2° Les zones où les oiseaux évoluent sans battre des ailes et sans perdre de hauteur ont toujours coïncidé avec les plages de composantes ascendantes. C'est dans ces zones

qu'ils se maintenaient en décrivant, soit des orbes, soit des lignes brisées. Ils se déplaçaient avec elles et n'allaient de l'une à l'autre qu'en ligne à peu près droite et sans s'arrêter. Ils pouvaient alors perdre impunément un peu de hauteur qu'ils rattrapaient dans la zone positive suivante; ce qui, à première vue, donne l'impression qu'ils évoluent à voile irrégulièrement dans tout l'espace.

3° Aucune liaison n'a pu être établie entre les irrégularités du vent et le vol à voile qui se produit souvent par vent faible et régulier.

Ces premiers faits une fois établis et la cause du vol à voile ainsi déterminée par la composante verticale du vent, on conçoit qu'on pourra, par des expériences répétées, se rendre compte de la composante ascendante minimum nécessaire à la sustentation de l'oiseau voilier. Si, de plus, on détermine par un procédé trigonométrique la vitesse absolue de l'oiseau, on pourra, connaissant la vitesse du vent, calculer la vitesse V relative de l'oiseau par rapport à l'air. On pourra en déduire le rapport de la traînée à la poussée, qui, comme il est facile de le voir, est égale au rapport $\frac{v}{V}$ (1). La poussée est, d'autre part, égale au poids P de l'oiseau. Si l'on connaît, de plus, la surface portante S, on pourra déterminer les coefficients K_T, K_P des formules

$$T = K_T S V^2,$$
$$P = K_P S V^2,$$

et comparer entre eux les différents oiseaux au point de vue de leur rendement aérodynamique.

Nous avons ainsi obtenu les premiers résultats approximatifs suivants que nous avons l'intention de confirmer ultérieurement par des mesures plus nombreuses et plus précises et d'étendre à toutes les espèces d'oiseaux évoluant à voile :

Percnoptère moine....	$V = 7^m,5$;	$v = 0^m,5$;	$K_P = 0,06$;	$K_T = 0,004$;
Pseudogyps africanus..	$V = 8^m,5$;	$v = 0^m,5$;	$K_P = 0,12$;	$K_T = 0,007$.

Ces chiffres toutefois ne résultent que d'un nombre d'expériences assez faible, aussi ne les donnons-nous qu'à titre de première approximation;

(1) L'oiseau qui se maintient sur l'horizontale, avec une vitesse horizontale V, descend, dans ce cas, d'une quantité v par seconde par rapport à l'air; il est donc dans les mêmes conditions que si, en air calme, il descendait sous un angle de tangente égale à $\frac{v}{V}$, tangente qui, comme on le sait, est égale au rapport $\frac{T}{P}$ de la traînée à la poussée.

nous les confirmerons par des expériences ultérieures. Ils auront toutefois permis de jeter un premier jour sur l'utilisation par les oiseaux de l'énergie interne de l'air, et sinon sur la cause unique, du moins sur une des causes du vol à voile, car on ne saurait, avant d'avoir fait de nouvelles séries d'expériences, affirmer qu'il n'existe pas chez d'autres oiseaux voiliers des modes différents d'utilisation de l'énergie interne de l'air. A ce sujet, sont particulièrement intéressants les albatros que nous nous proposons d'étudier dans la suite et dont le vol fait dans les mers du Sud l'admiration des voyageurs et des savants qui ont eu l'occasion de le contempler.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les nappes alluviales du Lot aux environs de Fumel.* Note de M. **Romieux**, présentée par M. Bourgeois.

Vis-à-vis de Fumel, au point où la sinueuse vallée à méandres encaissés du Lot, débouchant des plateaux secondaires du Quercy dans le bassin tertiaire de l'Agenais, se transforme en une large coupure droite à méandres divagants, il existe une succession particulièrement nette de quatre nappes alluviales étagées. On en parcourt une bonne coupe transversale si, partant du pied du coteau de Monsempron, en face de la gare de Monsempron-Libos, on va franchir le Lot au pont de Libos, et qu'on s'élève ensuite sur la rive gauche jusqu'à l'ancien château de Perricard, point géodésique, en suivant le vieux chemin direct que jalonnent, sur la carte de l'État-Major, les trois points cotés 78, 108 et 145. Les nappes s'y manifestent avec évidence : pétrographiquement, par d'abondants et parfois volumineux galets, en très grande majorité quartzeux ou quartziteux; topographiquement, par les terrasses longitudinales qu'elles forment.

La première nappe tapisse le fond de la vallée, où le Lot s'encaisse actuellement en un fossé profond à berges abruptes. La deuxième forme terrasse de part et d'autre du fleuve; peu large en général sur la rive droite, elle porte la gare à la cote 78 du nivellement général de la France; sa largeur atteint 700^{m} à 800^{m} sur la rive gauche; des calcaires forment le pied du gradin; un limon brunâtre surmonte la zone à galets. Les autres nappes ne subsistent plus que sur la rive gauche. La troisième (château et bois du Boscla) marque un gradin des plus nets, large de 1^{km}; la zone à galets est superposée tantôt aux argiles sableuses bariolées à minerai de fer, tantôt à des marnes virguliennes (avec calcaires compacts formant le pied du gradin), limon supérieur fin et grisâtre.

Enfin la quatrième nappe occupe un dernier gradin (bois de Perricard) profondément découpé par les vallons supérieurs; les versants et les faîtes de ses croupes sont couverts de dépôts de graviers, tantôt arène granitique vers mi-hauteur, tantôt galets très abondants vers les sommets, le tout presque uniquement quartzeux; largeur de la terrasse, 800^m environ jusqu'aux calcaires auxquels elle s'adosse.

L'altitude des graviers supérieurs de chaque nappe n'a pu être relevée avec autant d'exactitude qu'il eût été bon d'y parvenir; mais on a tenté d'apprécier sur place le sens et l'ordre des incertitudes.

L'altitude du lit actuel du fleuve à Libos paraît devoir être environ 53^m. Son encaissement étant trop profond pour que les crues soient sujettes à déborder, la considération de la cote des graviers du lit majeur s'est trouvée inapplicable en l'espèce; on a admis, d'après des renseignements obligeamment fournis par le service compétent, que le lit correspond *en moyenne*, dans chaque bief éclusé, à la cote de ce bief diminuée de $1^m,50$.

Les corrections convenables ont été faites aux divers documents de nivellement mis à contribution, à l'effet de tout transformer en altitudes conformes au nivellement général de la France.

Voici, comparativement, les séries d'*altitudes relatives* des nappes au-dessus du cours d'eau qui les a créées, telles qu'elles résultent, pour l'*Isser* (Algérie), le *Rhône* et la *Somme*, des travaux du général de Lamothe, et, pour le *Lot*, de la présente étude.

Isser (et lignes de rivage).	*Rhône.*	*Somme* (et lignes de rivage).	*Lot* (à Libos).	
103^m	101^m	103^m	94^m	37^m *au moins*
60	57	56-59	57	32^m au plus
31	31-32	32	25	
18	18-19	16-18	15	10^m au moins

La série du Lot, manifestement parallèle aux autres, semble se tenir plus bas de $4^m,7$ *en moyenne*. Mais ce n'est là qu'une apparence, car :

1° Le lit n'est pas encore parvenu à l'état de profil régulier d'équilibre, puisqu'il présente un bombement entre les barrages de Madame (2^{km} en aval de Villeneuve-sur-Lot) et de Fossat ou d'Orgueil (6^{km} ou 7^{km} amont de Fumel), secteur à seuils rocheux dus à la traversée des calcaires inférieurs du tertiaire agenais, des calcaires turoniens et de ceux du Jurassique supérieur. Or, le profil d'équilibre, aisé à restituer graphiquement d'après le mouvement bien régulier de la courbe du secteur aval, se tient à Libos au moins 3^m plus bas, ce qui augmente d'autant toutes les altitudes relatives.

2° Cette correction faite, les discordances restantes ne sont indubita-

blement pas d'un ordre supérieur aux aléas d'observation. La plus forte, celle affectant l'intervalle entre les troisième et quatrième nappes, s'explique par le fait que les vestiges observés de la quatrième montrent ses galets supérieurs occupant les faîtes de croupes de peu de largeur : le soutirage des graviers et sables sous-jacents par l'érosion pluviale, atténuatrice des reliefs, a fait descendre faîtes et galets, et a même éparpillé un bon nombre de ces galets aux niveaux inférieurs.

La série des nappes du Lot viendrait donc à l'appui des remarquables conclusions du général de Lamothe, relatives aux oscillations rythmées du niveau de la mer pendant le post-pliocène. L'amplitude de chaque oscillation aurait été uniforme, non seulement dans la Méditerranée et la Manche, mais aussi dans le golfe de Gascogne.

PHYSIQUE. — *Le spectre continu des rayons X.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. J. Violle.

1. Les tubes à rayons X donnent deux sortes de spectres, un spectre de raies et un spectre continu. La théorie du spectre de raies a été développée par Sommerfeld, en généralisation de la théorie de Bohr. Le spectre continu n'a guère été étudié du point de vue théorique. La théorie des quanta donne une indication, c'est que ce spectre doit être limité, vers les courtes longueurs d'onde, à la longueur d'onde limite λ_l donnée par la formule

$$\text{(1)} \qquad \text{V}e = \frac{hc}{\lambda_l}.$$

V = potentiel de fonctionnement du tube à rayons X;
e = charge de l'électron ;
h = constante de Planck ;
c = vitesse de la lumière.

L'expérience vérifie bien cette prévision et permet de tracer des courbes précises, donnant l'intensité I_λ à la longueur d'onde λ dans tout le spectre continu. Je vais montrer dans cette Note comment on peut obtenir des indications théoriques relatives à ces courbes.

2. Les électrons tombent sur l'anticathode, à raison de H par seconde ; ils sont animés d'une vitesse U et l'on a les relations

$$\text{(2)} \qquad \text{H}e = \text{I}; \qquad \frac{1}{2} m\text{U}^2 = \text{V}e.$$

I = courant dans le tube ;
m = masse de l'électron.

Ces électrons vont entrer en choc avec les molécules de l'anticathode et prendront finalement des vitesses désordonnées en tous sens. La répartition de ces vitesses après un certain nombre de chocs sera régie, comme on l'admet pour des électrons libres dans les métaux, par la loi de Maxwell :

$$dn = \frac{4\,\mathrm{H}}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{m}{2k\mathrm{T}}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{mu^2}{2k\mathrm{T}}}\,u^2\,du. \tag{3}$$

dn = nombre des électrons dont la vitesse est, en grandeur absolue, comprise entre les valeurs u et $u + du$;

T = température absolue (de l'anticathode);

$k = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{N}}$.

Je vais supposer, en première approximation, qu'une loi de ce type régit déjà la répartition des vitesses des électrons *après le premier choc*. Je modifierai seulement, dans la formule, le sens attribué à T; T sera un coefficient arbitraire à déterminer et que l'on interprétera comme température apparente du point d'impact des électrons sur l'anticathode. J'introduis maintenant l'hypothèse des quanta : lorsque, dans un choc, l'électron passe de la vitesse U à la vitesse u, il subit une variation ε d'énergie cinétique, qui se retrouve sous forme d'un rayonnement de fréquence ν :

$$\varepsilon = \frac{1}{2}m(\mathrm{U}^2 - u^2) = h\nu. \tag{4}$$

Si $\mathrm{U} > u$, il y a émission d'un quantum $h\nu$;

Si $\mathrm{U} < u$, il y a absorption d'un quantum $h\nu$.

Dans ces deux cas, la formule (4) garde son sens, les fréquences négatives correspondant à des énergies absorbées, et les fréquences ν positives à des énergies émises.

Les dn électrons de la formule (3) auront émis au total une énergie I_ν de fréquence comprise entre ν et $\nu + d\nu$:

$$\mathrm{I}_\nu\,d\nu = h\nu\,dn. \tag{5}$$

Exprimons u et du en fonction ν et $d\nu$, d'après (4), et nous trouvons

$$\mathrm{I}_\nu\,d\nu = \frac{2\,\mathrm{H}\,h^2\nu}{\sqrt{\pi k^3 \mathrm{T}^3}}(\mathrm{V}e - h\nu)^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{k\mathrm{T}}(\mathrm{V}e - h\nu)}\,d\nu. \tag{6}$$

Ce que l'on observe expérimentalement, c'est l'intensité I_λ en fonction de la longueur d'onde λ. On sait que l'on a

$$\mathrm{I}_\nu\,d\nu = \mathrm{I}_\lambda\,d\lambda, \qquad \text{d'où} \qquad \mathrm{I}_\nu = \frac{\lambda^2}{c}\mathrm{I}_\lambda.$$

Nous pouvons résumer nos résultats par la formule

$$\frac{I_\nu}{\nu} = \frac{\lambda^3 I_\lambda}{c^2} = \frac{2 H h^2}{\sqrt{\pi k^3 T^3}} y^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{y}{kT}}, \tag{7}$$

formule dans laquelle y représente l'expression

$$y = \frac{1}{2} m U^2 - h\nu = Ve - h\nu = Ve - \frac{hc}{\lambda}.$$

3. On doit donc vérifier les points suivants : les courbes de $\lambda^3 I_\lambda$ en fonction de λ, obtenues par différents voltages du tube, se déduisent les unes des autres par une simple translation parallèle à l'axe des λ. Ceci suppose que le courant dans le tube reste constant (H constant) et que la température apparente T ne soit pas modifiée. La courbe théorique débute au point $y = 0$, avec une tangente verticale, passe par un maximum pour $y = \frac{1}{2} kT$, puis décroît exponentiellement quand y augmente. On peut chercher l'énergie totale rayonnée par l'anticathode. Il faudra, pour la trouver, intégrer I_ν, en faisant varier ν de $-\infty$ à $+\frac{Ve}{h}$. Les valeurs négatives de ν correspondent à l'énergie rayonnante absorbée dans certains chocs, les valeurs positives de ν, à l'énergie rayonnée (cf. formule 4). Ceci s'écrit

$$E = \frac{2 H}{\sqrt{\pi k^3 T^3}} \int_0^{+\infty} e^{-\frac{y}{kT}} y^{\frac{1}{2}} (Ve - y)\, dy = H \left[Ve - \frac{3}{2} kT \right].$$

L'énergie rayonnante totale émise en une seconde est égale à la différence entre l'énergie cinétique des H électrons incidents et leur énergie cinétique (d'agitation thermique) finale dans le métal.

La théorie développée ici doit rendre compte des émissions de rayonnement par un conducteur bombardé d'ions ou électrons, quelles que soient les circonstances particulières de l'expérience.

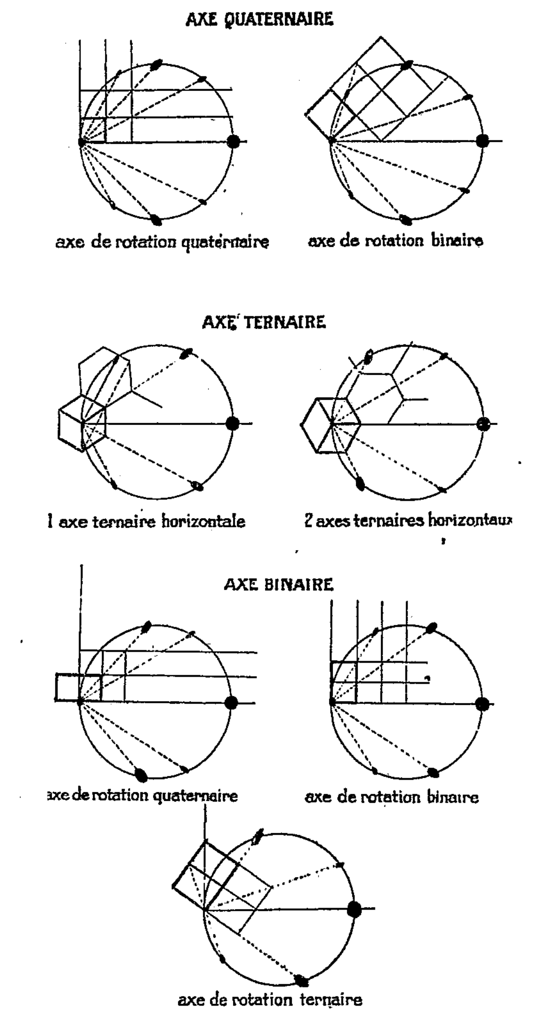
CRISTALLOGRAPHIE. — *Détermination des axes de symétrie d'un cristal cubique.* Note [1] de M. F. **Canac**, présentée par M. Wallerant.

Nous avons montré [2] comment on peut déterminer l'orientation des plans réticulaires relatifs à un axe de zone donné. Nous allons étudier la répartition des plans réticulaires autour des axes de symétrie du réseau dans le cas d'un cristal cubique.

(1) Séance du 19 janvier 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 17 , 1920, p. 113.

Considérons pour cela successivement la section du cristal par un plan perpendiculaire à un de ces axes. Construisons le « cercle des taches » [1] ayant pour centre la trace de l'axe considéré normal à la figure et passant



par la tache du faisceau direct. Menons d'autre part, par la « tache diamétrale », des droites parallèles aux traces des plans réfléchissants. Les taches se trouveront à l'intersection de ces droites avec le cercle. Les droites de grande densité (trace des plans de symétrie ou de leurs plans bissecteurs) donneront les taches les plus fortes.

La figure donne la répartition des taches telle qu'on peut la prévoir géométriquement pour les différents axes. Le réseau est indiqué en traits

(1) *Loc. cit.*

fins, la position du cristal en traits forts, les plans réticulaires en pointillé. Les taches relatives aux plans de plus grande densité sont seules représentées.

Leur disposition forme un schéma caractéristique.

1° Croix de l'axe quaternaire, avec deux taches fortes rapprochées de la verticale quand celle-ci est un axe quaternaire, éloignées au contraire quand elle est un axe binaire.

2° Hexagone de l'axe ternaire avec deux taches fortes entourant la tache directe si un axe ternaire seul est horizontal, et deux taches fortes entourant la tache diamétrale si deux axes ternaires sont horizontaux.

3° Deux taches symétriques par rapport à la verticale pour l'axe binaire. Les deux plus fortes sont du côté de la tache diamétrale si l'axe vertical est quaternaire et du côté de la tache directe s'il est binaire. Les taches sont alternées si l'axe vertical est ternaire.

Les angles formés par les plans réticulaires sont aisément calculables.

Nous avons vérifié directement sur l'écran et par photographie ces résultats, tant au point de vue de la répartition des taches que de leur intensité.

La connaissance de ces schémas est précieuse si l'on veut orienter rapidement un cristal. Elle permet aussi de caractériser très vite son système réticulaire.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur une faune mésoliasique de Sidi Mouley Yakoub* (Maroc occidental). Note de M. **René Abrard**, présentée par M. Émile Haug.

A la bordure septentrionale du R'Arb, à mi-distance environ entre Darb el Hamri et Fort Petitjean, dans la vallée de l'oued el Hamma, sur la rive droite de la rivière, aux abords de Sidi Mouley Yakoub, affleurent des couches calcaires très fossilifères. M. Louis Gentil a bien voulu me confier l'étude des matériaux recueillis en ce point; j'y ai reconnu une faune mésoliasique comprenant les espèces suivantes :

Amaltheus margaritatus Montf. Formes peu ornées figurées par Quenstedt sous le nom d'*Ammonites amaltheus nudus* (1885, Quenstedt, *Die Ammoniten des Schwäbischen Jura*, tab. 41, fig. 1 et 2). — *Nautilus inornatus* d'Orb. (1842, d'Orbigny, *Pal. franç. terr. Jur., Céphal.*, pl. 28). — *Belemnites* sp. Tronçons indéterminables. — *Pleurotomaria expansa* d'Orb. (1850, d'Orbigny, *Pal. franç. Terr. Juras., Gastér.*, pl. 352, fig. 1 à 4). — *Pecten æquivalvis* Sow. (1816, Sowerby, *Miner. Conchol.*, pl. 136, fig. 1). Fragments et petits individus. — *Pecten aff. disciformis* Schübl.

(*P. corneus* Goldfuss, *Petref.*, pl. 98, fig. 11; *P. demissus* Goldfuss, *Petref.*, pl. 99, fig. 2). — *Oxytoma sinemuriense* d'Orb. (1867, E. Dumortier, *Études paléont.*, 2e Partie, pl. 48, fig. 2 et 3). — *Limea acuticostata* Goldf. (1858, Quenstedt, *Der Jura*, pl. 18, fig. 22-25). — *Mytilus aff. scalprum* Sow. Échantillons à stries concentriques très marquées et interstries relevées entre la carène et le bord cardinal, à rides transversales entre la carène et le bord palléal. — *Mytilus* sp. — *Arca* sp. — *Isocardia liasica* Moore (1865, Moore, *On the Middle and Upper Lias of the Souh West of England*, pl. 7, fig. 3).— *Unicardium globosum* Moore (1865, Moore, *loc. cit.*, pl. 7, fig. 15). — *Cardinia philea* d'Orb. (1869, E. Dumortier, *Études paléont.*, 3e Partie : *Liasmoyen*, pl. 31, fig. 1). — *Pholadomya ambigua* Sow. (1874, Moesch, *Monographie der Pholadomyen*, *Mém. de la Soc. paléont. suisse*, vol. 1, pl. 5, fig. 2 et 3; pl. 6, fig. 1; pl. 7, fig. 1). — *Pleuromya unioides* Goldf. sp. (1842, Agassiz, *Études critiques*, pl. 27, fig. 9 à 13). — *Pleuromya striatula* Agass. (1842, Agassiz *loc. cit.*, pl. 28, fig. 10 et 11). — *Rhynchonella curviceps* Quenst. sp. (1882, Haas, *Die Brachiop. der Juraf. von Els.-Lothr.*, pl. 1, fig. 24; pl. 3, fig. 32-36, 38-42). — *Terebratula subpunctata* Dav. (1863, E. Deslongchamps, *Pal. franç. Terr. Juras.*, *Brachiop.*, p. 165, pl. 39, fig. 1 à 7). — *Zeilleria subnumismalis* Dav. sp. (1863, E. Deslongchamps, *loc. cit.*, pl. 27 à 29). — *Zeilleria cornuta* Sow. sp. La plupart des échantillons appartiennent à la variété décrite et figurée par de Buch sous le nom de *Terebr. indentata* [1838, de Buch, *Essai d'une classif. des Térébratules* (*Mém. de la Soc. géol. de France*, 1re série, t. 3, 2e Partie, pl. 27, fig. 5 *bis*)].

Cette faune présente la plus complète analogie avec celle du Domérien supérieur néritique d'une grande partie de l'Europe. Malgré l'absence d'*Amaltheus spinatus*, il semble bien, en effet, que l'on se trouve en présence de la partie supérieure de cet étage. Ce faciès a déjà été signalé au Maroc oriental auprès d'Oudjda, par M. Louis Gentil [1], qui a pu établir la transgression mésoliasique en ce point et y a rencontré : *Amaltheus margaritatus* Montf., *Zeilleria subnumismalis* Dav. sp., *Terebratula punctata* Sow., *Rhynchonella Rosenbuschi* Haas, *Rhynchonella curviceps* Quenst. sp.

Il me paraît intéressant de faire remarquer la présence de ce niveau au Maroc occidental.

AÉROLOGIE. — *Sondages de l'atmosphère à Gâvre au moyen de ballons libres en caoutchouc.* Note de M. **F. La Porte**, présentée par M. Bourgeois.

Les observations aérologiques établies à la Commission de Gâvre par M. l'ingénieur général Charbonnier, alors président de cette Commission, et que nous avons dirigées de 1917 à 1919, nous ont permis de préciser et

(1) Louis Gentil, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 427.

de compléter quelques données relatives à l'emploi des ballons libres en caoutchouc pour les sondages de l'atmosphère.

Ces ballons étaient du type employé par le Service géographique de l'Armée, du poids moyen de 80^g.

Les observations étaient faites au théodolite, à trois postes reliés entre eux par un fil téléphonique spécial : les positions relatives de ces postes-distances et gisements avaient été déterminées avec une grande précision par la triangulation générale du polygone.

A chaque poste étaient attachés trois observateurs, l'un suivait le ballon à la lunette du théodolite, les deux autres lisaient l'un le vernier du cercle horizontal, l'autre le vernier du cercle vertical. Les lectures avaient lieu toutes les 30 secondes à un top donné du poste de lancement.

Les positions successives du ballon étaient, non pas déterminées graphiquement, comme on le fait généralement, mais calculées pour chaque top ou de deux en deux tops par des formules déduites de la considération des gisements [1].

Les résultats du calcul étaient, en général, très concordants (souvent à moins de 10^m près). Les conclusions auxquelles nous sommes arrivé sont les suivantes :

1° Le principe de la constance de la vitesse ascensionnelle de ces ballons n'est exact qu'à partir d'une certaine hauteur, hauteur qui varie avec les conditions météorologiques. Au départ, la vitesse est en général maxima; elle va en décroissant d'une façon plus ou moins rapide jusqu'à ce que le ballon ait atteint la zone de constance. La limite inférieure de cette zone peut être fixée en moyenne à Gâvre à 500^m en hiver, 1000^m ou 1500^m en été.

2° Si l'on ne considère que la partie de la trajectoire du ballon où la vitesse ascensionnelle reste constante, on constate que la force ascensionnelle

---

(1) Soient :

D_1, D_2, D_3 les distances des postes 1, 2, 3 au pied de la verticale du ballon pour un top donné;

V_1, V_2, V_3 les gisements correspondants;

$\Delta_{1,2}$, $\Delta_{2,3}$, $\Delta_{1,3}$ / $U_{1,2}$, $U_{2,3}$, $U_{1,3}$ } les distances et les gisements des postes, gisements comptés dans le sens indiqué par les indices,

on a

$$D_1 = \frac{\Delta_{1,2}\sin(V_2 - U_{1,2})}{\sin(V_2 - V_1)} = \frac{\Delta_{1,3}\sin(V_3 - U_{1,3})}{\sin(V_3 - V_1)},$$

D_2 et D_3 se déduisent des formules précédentes par permutation des indices. De ces distances et des sites observés on déduit la hauteur du ballon. On obtient ainsi trois solutions qui doivent être sensiblement égales.

de 150^g généralement admise pour obtenir la vitesse de 200^m à la minute est trop faible et doit être portée à 200^g.

3° La vitesse ascensionnelle varie peu quand on fait varier la force ascensionnelle de 200^g à 350^g ou 400^g [1].

Entre ces limites la formule de Dines représente assez bien les vitesses que nous avons déduites de nos observations et de nos calculs, à condition d'augmenter légèrement la constante de cette formule que nous avons portée de 84 à 90.

La formule ainsi modifiée est

$$V = \frac{90\sqrt{F}}{(F+P)^{\frac{1}{3}}}, \tag{1}$$

où V représente la vitesse ascensionnelle par minute, F la force ascensionnelle et P le poids de l'enveloppe, en grammes. (Il est facile de voir que ce poids n'a qu'une assez faible influence sur la vitesse V.)

La formule proposée par M. Rouch [2]

$$V = \frac{42\,F}{(F+P)^{\frac{2}{3}}} \tag{2}$$

donne, de 200^g à 400^g des résultats nettement plus différents de ceux que nous avons constatés à Gâvre, comme le montre le Tableau suivant :

	Force ascensionnelle en grammes.				
	150.	200.	300.	350.	400.
Vitesses moyennes observées (pour 30^s)...	88^m	100^m	107^m	115^m	120^m
Vitesses déduites de la formule (1).......	90	97	108	111	115
Vitesses déduites de la formule (2).......	83	97	120	128	137

4° Les écarts entre les valeurs moyennes et les valeurs observées atteignent et dépassent souvent $\frac{1}{10}$, même entre deux lancements consécutifs. Il est donc nécessaire, pour des expériences de précision comme celles qui servent pour l'établissement de tables de tir, de ne pas se fier à des formules *a priori* et de ne pas se contenter d'observations à un seul poste, mais de déterminer la vitesse ascensionnelle par des visées d'au moins deux postes jusqu'à l'altitude de 1500^m à 2000^m. On peut admettre ensuite, sans erreur

(1) Nous n'avons pu que rarement dépasser la force ascensionnelle de 400^g, les ballons éclatant soit pendant le gonflement, soit peu de temps après le lancement.

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 83.

sensible, la constance de la vitesse ascensionnelle telle qu'elle résulte des calculs des quatre ou cinq derniers tops.

5° Des ballons accouplés, reliés entre eux par une patte d'oie, montent non pas plus vite, mais moins vite que des ballons libres gonflés avec la même force ascensionnelle.

6° Si les ballons accouplés sont maintenus de manière à former un ensemble indéformable, par exemple au moyen d'un filet les englobant, la vitesse ascensionnelle devient sensiblement égale à celle d'un ballon isolé, gonflé avec la même force ascensionnelle.

Ce cas est intéressant pour les observations de nuit, où il faut munir les ballons d'un appareil d'éclairage permettant de les viser au théodolite. Il y a alors intérêt à accoupler de cette façon trois ou quatre ballons de manière à réduire le moins possible la force ascensionnelle.

BOTANIQUE. — *Évolution du chondriome chez les Cryptogames vasculaires.* Note de M. **L. Emberger**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'origine des plastides et le chondriome chez les Cryptogames vasculaires n'ont été jusqu'ici l'objet que d'études brèves de Pensa et de Mottier. Pensa signale simplement dans les éléments vasculaires de la feuille un chondriome constitué surtout par des chondriocontes allongés. Mottier décrit dans le méristème de la racine d'*Adiantum* deux catégories d'organites : des mitochondries en grains ou en bâtonnets et des jeunes plastides affectant la forme de chondriocontes allongés. L'auteur admet que ces éléments sont absolument distincts et n'ont que des ressemblances superficielles.

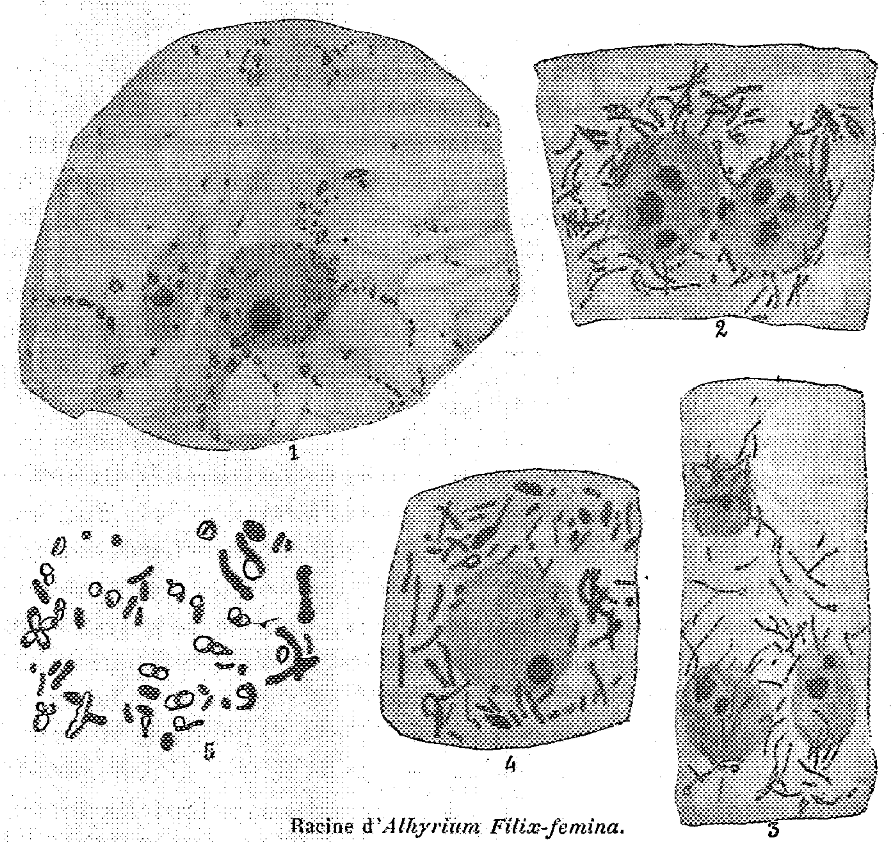
Nous nous proposons de donner ici les premiers résultats des recherches que nous poursuivons sur la question.

Si l'on examine une coupe longitudinale de racine d'*Athyrium Filix-femina* on constate dans le méristème un chondriome très riche présentant des allures spéciales suivant les éléments dans lesquels il se trouve.

Dans la cellule apicale, volumineuse et très vacuolisée, on observe un chondriome composé de mitochondries granuleuses, courts bâtonnets, et de quelques rares chondriocontes (*fig.* 1). Un certain nombre d'éléments élaborent des grains d'amidon. Certaines mitochondries, semblables de prime abord aux précédentes, se révèlent à l'observation attentive comme étant

de taille légèrement plus petite. Elles sont aussi moins chromophiles et ne paraissent pas participer à l'élaboration de l'amidon.

Si nous étudions l'évolution de ce chondriome dans les autres régions de la racine, nous constatons dans le cylindre central un allongement et un amincissement des éléments mitochondriaux. Cette différenciation d'abord



Racine d'*Athyrium Filix-femina.*

Fig. 1. Cellule apicale. — Fig. 2. Cellule du cylindre central, près de la cellule apicale. — Fig. 3. Cellule analogue, plus âgée. — Fig. 4. Cellule du parenchyme cortical. — Fig. 5. Chondriome de la cellule apicale.

(Les figures 1 à 4, grossissement : 1250. — La figure 5, grossissement : 3000.)

peu nette (*fig.* 2) — les cellules entourant immédiatement la cellule apicale conservant le même chondriome que cette dernière — s'accentue au fur et à mesure que nous observons les tissus plus âgés. Les chondriocontes s'amincissent et s'allongent très considérablement. Groupés dans les éléments jeunes autour du noyau, ils y forment un paquet confus de filaments tout à fait semblables aux chondriocontes des cellules animales, qui se

colorent un peu moins énergiquement que les éléments du chondriome des autres cellules (*fig.* 3). Çà et là un grain d'amidon est élaboré.

A côté d'eux coexistent des mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets et mêmes quelques chondriocontes peu allongés, qui ne semblent pas jouer de rôle dans l'élaboration de l'amidon. Les cellules bordant le cylindre central ne se distinguent des autres que par leurs éléments cytoplasmiques plus courts et un peu plus épais.

Dans le parenchyme cortical et la coiffe s'observent un allongement et un épaississement très sensible des mitochondries qui deviennent des amyloplastides (*fig.* 4 et 5) conservant la forme de chondriocontes. L'hématoxyline ferrique se fixe sur eux avec énergie en leur donnant une couleur noire intense. L'élaboration d'amidon dans ces organites est très active et donne lieu à plusieurs grains disposés en chaîne sur le chondrioconte. Il est à remarquer que ces cellules contiennent en plus un certain nombre de mitochondries qui n'élaborent pas d'amidon. Celles-ci sont beaucoup plus grêles et nettement moins chromophiles : ce sont surtout des grains, de courts bâtonnets et quelques rares chondriocontes.

Ces observations sembleraient indiquer que dans le chondriome du méristème des racines des Fougères il existe deux variétés distinctes de mitochondries présentant à peu près les mêmes formes, mais se distinguant seulement par des dimensions un peu différentes et par de légères inégalités dans l'intensité de leur coloration. L'une de ces variétés représenterait de jeunes plastides, l'autre des mitochondries, dont le rôle reste encore inconnu. Il est à remarquer que ce sont les plastides qui paraissent les plus nombreux et que les autres mitochondries sont assez réduites. Nous sommes donc amené à conclure, contrairement à l'opinion de Mottier, que les plastides, qui ressemblent plus encore que les autres mitochondries aux formations mitochondriales de la cellule animale, sont bien des mitochondries, mais en constituent une variété spéciale, qui conserve son individualité au cours du développement. Cette conception, appuyée sur un examen comparatif de cellules d'animaux et de champignons, cadre avec les derniers travaux de M. Guilliermond et de M. Mangenot.

L'étude cytologique du sporange et des méristèmes de tige et de feuille nous apporte des arguments en faveur de cette interprétation.

BOTANIQUE. — *Réactions antagonistiques et rôle du bourrelet chez les plantes greffées*. Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Toute greffe véritable ou olodibiose amène la formation d'un bourrelet au niveau de la soudure entre le sujet ou hypobiote et le greffon ou épibiote. En ce point et sur une étendue variable, les vaisseaux ligneux d'union sont moins nombreux, contournés et de nature particulière; les parenchymes y prédominent longtemps, surtout chez les plantes herbacées; les cellules du sujet et du greffon s'y trouvent en contact intime. J'ai montré, dès le début de mes recherches, que le rôle du bourrelet n'est pas négligeable comme certains l'ont prétendu [1]. De nouvelles expériences ont confirmé mes déductions anciennes et m'ont révélé des faits nouveaux qui permettent de comprendre des phénomènes jusqu'ici inexpliqués ou en apparence contradictoires.

Le bourrelet a des effets multiples. Il modifie la conduction et, par le fait même, la répartition quantitative ou qualitative de l'eau et des produits solubles, *quand il se trouve sur le trajet de ceux-ci*. Il en résulte, et je l'ai maintes fois constaté, que le greffon et le sujet ne sont pas au même état biologique, perdent leur autonomie et n'ont plus le même chimisme; que leurs cellules, n'ayant pas la même turgescence, ne présentent pas les mêmes contenus. L'examen comparé des greffes et des témoins, celui du sujet et du greffon en donnent souvent la preuve tangible. Dans les greffes entre plantes d'espèces différentes, tantôt il y a passage de substances (alcaloïdes des Quinquinas, des Solanées, etc.), tantôt rétention de substances au niveau du bourrelet (inuline, glucoside cyanhydrique, matières colorantes, etc.). Dans d'autres cas il y a, suivant les cas, passage ou rétention d'un même produit de réserve (sucres chez le navet et le chou, amidon chez la pomme de terre, etc.), ou bien passage d'un produit transformé au niveau du bourrelet (inuline polymérisée en cellulose chez certains *Helianthus*, etc.). Fait plus démonstratif encore, dans la greffe du Lis sur lui-même, le greffon possède en abondance, à un certain moment, de l'amidon dans ses parenchymes quand la partie sujet en est dépourvue. A ces additions, soustractions ou transformations de substances, à ces changements d'état biologique, correspondent les variations que j'ai dési-

(1) Voir Lucien Daniel, *La Question phylloxérique, le greffage et la crise viticole*, in-8° jésus, 734 pages, 375 figures, avec planches en noir et en couleurs.

gnées sous le nom de *symbiomorphoses* [1] et aussi un antagonisme plus ou moins marqué entre les deux associés et qui se manifeste par leur tendance bien connue à l'affranchissement.

J'ai constaté très fréquemment cette tendance chez les greffes de plantes différentes et, ce qui est plus remarquable, chez les greffes d'une plante sur elle-même. Elle se manifeste toujours par les phénomènes de réparations d'organes à la suite du sectionnement des libers (racines adventives chez le greffon) et des bois (bourgeons adventifs chez le sujet). Deux cas peuvent se présenter : les organes réparateurs naissent en deçà du bourrelet, ou bien ils se forment au niveau même du bourrelet. Le premier cas est le plus fréquent et l'activité réparatrice est d'autant plus accentuée que la discordance de végétation entre les associés est plus élevée. S'il s'agit de racines, elles forment un moignon qui se dessèche quand elles ne peuvent atteindre le sol, sauf chez les *Epiphyllum* qui fournissent de nombreuses racines aériennes ramifiées, vivant dans l'air humide comme celles des Orchidées, productions rares au contraire chez les francs de pied. Racines et rameaux ainsi formés conservent le plus souvent leurs caractères spécifiques, mais ce n'est pas toujours le cas. Quand ils se développent au point même où s'enchevêtrent les tissus du sujet et du greffon, il peut se former très exceptionnellement des hybrides de greffe, à caractères mixtes (*Cratægomespilus*, *Pirocydonia Danieli*, etc.), ou à caractères juxtaposés (Chimères de Hans Winkler).

Ce qui est remarquable, c'est que tous les organes réparateurs ne sortent pas à l'extérieur comme chez une plante décapitée ou bouturée; ils peuvent rester à l'intérieur des tissus et donner lieu à des phénomènes dont la nature n'a pas encore été bien précisée ou qui n'ont pas été décrits. Quelques-unes de ces productions s'enroulent à la façon des loupes ou broussins naturels et forment des broussins de greffe compliqués et volumineux, constitués par un bois fort dur. D'autres pénètrent dans les tissus morts, par exemple à l'intérieur des sujets devenus creux, comme chez le Pommier; chez d'autres, la pénétration se fait dans les tissus vivants à la façon des parasites, comme la Cuscute. En ce qui concerne les racines adventives du greffon, elles s'enfoncent parfois dans la moelle du sujet, où elles déterminent

---

(1) Ces variations peuvent être importantes, puisque, dans une parabiose de Chou et de Tomate, j'ai obtenu la formation de cristaux sableux d'oxalate de calcium et d'un liber interne chez le Chou. Je tiens les échantillons à la disposition de ceux qui voudraient vérifier le fait exceptionnel, quelque extraordinaire qu'il puisse paraître.

l'apparition d'un liège isolant (greffes de Cactées, de Solanées, de Mercuriale mâle et de Haricot vivace sur lui-même). Dans tous les cas de ce genre que j'ai observés, je n'ai pas rencontré de poils absorbants sur ces racines. La pénétration de celles-ci dans la couche cambiale du sujet est particulièrement rare; elle peut se faire indirectement après sortie à l'air libre sur une faible étendue et courbure hydrotropique qui les ramène au contact du bourrelet auquel elles se greffent (*Helianthus annuus* sur *H. tuberosus*); elles peuvent aussi s'enfoncer directement dans les tissus tendres formés par l'assise génératrice cambiale, et elles n'y restent visibles que si les bois du sujet et du greffon sont de teintes différentes bien tranchées (*Tecoma* et *Catalpa*). Elles peuvent ne pas sortir au dehors, même à la longue, ou bien sortir à une distance plus ou moins grande du bourrelet et accidentellement donner ensuite des drageons hybrides de greffe (*Pirocydonia Winkleri*). De même les bourgeons réparateurs du sujet peuvent pénétrer dans la couche cambiale du greffon et être entraînés loin de leur point de formation, avant de percer l'écorce ou sans la percer. Quand ils sortent, ils peuvent donner des pousses pures du sujet (*Amygdalopersica Formonti*) ou bien des pousses pures et des pousses hybrides de greffe (*Amygdalopersica Delponi* et hybrides de greffe chez l'Olivier). Je n'ai pas jusqu'ici observé de pénétrations dans la moelle du greffon, ni dans les tissus morts du greffon.

En résumé, il résulte des faits de plus en plus nombreux et précis, que le bourrelet contribue pour une bonne part à modifier les états biologiques du sujet et du greffon, et à déterminer un antagonisme nettement marqué, même dans les greffes de la plante sur elle-même où, sans lui, il ne devrait pas exister. Cet antagonisme détermine la formation d'organes réparateurs, pendant que les échanges de produits provoquent accidentellement des symbiomorphoses variées. Les organes réparateurs, externes ou internes, peuvent être du type pur des associés ou réaliser des hybrides de greffe, se produisant directement au niveau du bourrelet ou à des distances variables de ce point. Ces productions ont un intérêt pratique immédiat. Le Néflier de Bronvaux et le *Pirocydonia Winkleri* sont aujourd'hui employés en horticulture ornementale; le *Pirocydonia Danieli* paraît devoir jouer en arboriculture, pour le Poirier, le rôle que joue le Paradis vis-à-vis du Pommier; les hybrides de greffe, en viticulture, ont déjà rendu des services et n'ont pas dit leur dernier mot. Il y a donc lieu de multiplier les recherches dans cette voie nouvelle.

BOTANIQUE. — *Sur l'obtention expérimentale de la sexualité chez les champignons et orientée sur la structure typique du plasma sexuel.* Note de M. **Bezssonoff**, présentée par M. L. Mangin.

Le hasard d'une observation faite en captivité allemande ([1]) eut pour suite une série de recherches consacrées aux cultures de champignons en solutions à fortes concentrations de sucre et d'acide citrique. L'influence de ces milieux sur la structure du mycélium et sur l'obtention de la forme sexuée fut l'objet de ces investigations. Les conclusions auxquelles aboutirent ces études peuvent être brièvement résumées de la façon suivante :

1° La culture des champignons en milieux riches en sucre permet l'obtention de la sexualité, même chez des espèces pour lesquelles celle-ci, malgré de nombreuses recherches poursuivies depuis longtemps, restait complètement ignorée [exemple : l'*Aspergillus Oryzæ* Cohn., cultivé dans un milieu liquide contenant 48 pour 100 de sucre; l'*Aspergillus Wentii* Wehmer sur gélatine à 65 pour 100 de sucre (solution saturée)].

2° Le plasma des champignons ainsi cultivés se distingue par la très grande pulvérisation de tous les granules susceptibles d'être différenciés au moyen des colorants nucléaires (hématoxylines, vert de méthylène, etc.).

L'aspect du mycélium vivant est bien différent de celui d'un thalle de même nature développé dans un milieu ordinaire (témoin). Les hyphes très incolores, aux contours peu accusés, renferment un plasma diaphane presque transparent.

3° La production d'organes sexués et les caractères particuliers du mycélium présentent deux phénomènes devant se trouver en rapport d'effet à cause, ainsi que paraissent l'indiquer les faits suivants :

Lorsqu'on observe des champignons qui végètent sur les milieux ordinaires, il est souvent possible de constater que le mycélium qui porte et constitue les fructifications sexuées se distingue par un état finement granuleux de son plasma. De plus, toutes les données contenues dans la littérature cytologique concourent à démontrer qu'un morcellement des unités cytoplasmiques semble accompagner et suivre le développement de chaque complexe cellulaire produisant des gamètes.

4° La pulvérisation des granules, qui a pour effet l'apparition des cellules

---

([1]) Bezssonoff, *Ber. d. Deuts. Bot. Ges.*, t. 36, n° 4, 1918, p. 225; *Ibid.*, n° 10, 1919, p. 646, et t. 37, n° 2, 1919, p. 136.

sexuées, peut être expliquée comme la conséquence d'une oxydation ralentie. Dans le cas de cultures sur milieux à fortes doses de sucre, ce ralentissement peut être attribué, conformément aux théories de Palladin, Chodat et autres ([1]) à la diminution de la quantité d'eau active retenue par le sucre ([2]).

5° Pour permettre de relier l'ensemble des faits observés à la classification cytologique déjà existante, une définition nouvelle du terme « chondriome » s'impose. D'après cette définition, toute entité plasmique qui a pour caractéristique la présence de nucléates (chromatine) et susceptible d'exercer une action biogénétique, appartiendrait au chondriome. Cette définition se rapprochant, dans une certaine mesure, des idées de Guilliermond ([3]) et de Meves ([4]), embrasse sous le nom de *chondriome* le complexe entier des granulations chromatiques du plasma, mis en relation directe avec les chondriosomes proprement dits et les plastides.

Pour prouver la valeur générale de l'explication des phénomènes qui viennent d'être mentionnés, il a semblé utile d'essayer de les reproduire en employant un agent autre que le sucre. Cet agent, un acide organique ([5]), devait être capable d'exercer la même influence défavorable à l'oxydation que le sucre. Ses propriétés devant, autant que possible, se rapprocher de celles du sucre. La haute valeur nutritive de l'acide citrique, largement exploitée par les Aspergillées ([6]) et la présence dans sa molécule de quatre groupes oxydés, fixant l'eau dans les solutions concentrées, déterminèrent le choix.

Les concentrations en acide citrique libre, employées dans ces milieux,

---

([1]) W. Palladin, *Recueil d'articles scientifiques dédiés au professeur Cl. Timiriazeff*, p. 34; Moscou, 1916. — Chodat et Bach, *Ber. ch. Ges.*, t. 36, 1909. — Keeble, Armstrong et Jones, *Proceed. of the R. Soc.*, t. 86, 1913, p. 308.

([2]) La cryoscopie du sucre présente des anomalies (diminution du poids moléculaire apparent) qui, pour les concentrations $\frac{1}{n}$ et $\frac{1,5}{n}$, employées de préférence dans mes cultures, dépasse 50 pour 100. — Pickering, *Ber. ch. Ges.*, t. 24, 1891, p. 3328.

([3]) Guilliermond, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 136, et *Rev. gén. de Botan.*, t. 31, 1919, p. 635.

([4]) Meves, *Arh. f. mikr. Anat.*, t. 89, n° 3, 1916.

([5]) Ruhaland, *Sur la pénétration des acides (entre autres de l'acide citrique) dans une cellule végétale de son vivant* (*Jahrb. f. Wissen. Botan.*, t. 46, 1908, p. 1).

([6]) Currie James, *Jl of biol. chem.*, t. 31, 1917, p. 15.

furent fournies par des doses égales à celles du sucre des solutions en usage dans la majeure partie des expériences précédentes $\left(\text{c'est-à-dire à } \frac{1}{n} \text{ et } \frac{1,5}{n}\right.$ d'acide citrique$\left.\right)$. Toutes mes tentatives pour faire pousser sur les milieux ainsi préparés des Aspergillées (*Penicillium glaucum* Bref., *Citromyces* Wehm., *Aspergillus Wentii* Wehm., *Aspergillus Oryzæ* Cohn), ayant servi aux études des cultures sur substratum riches en sucre, échouèrent. Par contre, un champignon inconnu, aux hyphes cloisonnés, isolé de l'air, se développa très bien en restant immergé dans un milieu liquide contenant 20 pour 100 d'acide citrique.

Le même champignon fournit encore des colonies distinguables à l'œil nu dans un liquide contenant 28 pour 100 d'acide citrique. Comme témoin, fut employée une culture sur un milieu ne différant du précédent que par la proportion d'acide citrique, réduite à 1 pour 100. Aussi bien chez le mycélium vivant que sur le matériel fixé et coloré, des caractères déterminés par les milieux précédents sont identiques à ceux décrits dans le cas des champignons végétant sur des milieux riches en sucre. De même que pour ces derniers, l'examen des hyphes vivants nécessite une forte réduction du diaphragme. Dans des fragments, prélevés dans la partie mycélienne qui émerge hors du liquide acide, existent des granulations chromatiques intermédiaires entre la structure diffuse et celle riche en granules distincts, lesquels sont caractéristiques des hyphes du témoin.

Enfin, il est à noter que la microphotographie rend très bien les différences d'aspect qui existent entre le mycélium végétant en cultures spéciales et celui cultivé sur milieux ordinaires.

En résumé, les observations qui précèdent me paraissent établir que la présence du sucre en forte concentration dans les milieux nutritifs détermine le développement d'un mycélium très riche en mitochondries granuleuses qui favorise l'apparition des organes sexuels.

BOTANIQUE. — *Division chez* Euglena limosa *Gard.* Note de M. **Médéric Gard**, présentée par M. Marchal.

La nouvelle espèce d'Euglène dont j'ai donné naguère les caractères cytologiques ne m'avait offert jusqu'ici aucun individu en division. J'ai montré ([1]) que chaque jour, elle prend, à la surface de la vase, à marée basse, l'état palmelloïde ou parenchymateux, formé d'une ou plusieurs couches d'individus aplatis, juxtaposés, prenant le plus souvent une forme polygonale. Plongées dans un mucus gélatineux peu abondant, les Euglènes y sont réunies par des filaments segmentés, disposés en une sorte de réseau délimitant l'emplacement que chacune d'elles occupait après qu'elle a repris ses mouvements pour descendre dans la vase. C'est dans cet état que se produit l'assimilation chlorophyllienne ([2]).

C'est aussi dans cet état que certaines espèces se divisent. Mais, en vain, j'y ai cherché des divisions, malgré le grand nombre de préparations faites et bien que les noyaux montrassent parfois un grand volume.

J'ai été plus heureux dans une culture où j'ai laissé la vase à Euglènes se dessécher légèrement. La plupart des individus sont l'objet de modifications de forme et de structure que je décrirai ailleurs, et qui ont pour aboutissement, au bout d'un temps variable, leur déchéance et leur mort.

Mais quelques-uns, un très petit nombre sur des centaines, se divisent en 4, en 8, en 16 ou même 32 masses irrégulières, disposées tantôt sur un plan, tantôt sur deux, bosselées par les grains de paramylon marginaux et renfermant, outre ces derniers, un noyau, une portion du corps chloro-

---

([1]) Médéric Gard, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1423.

([2]) Ce que j'appelle l'état palmelloïde ou parenchymateux paraît exister chez tous les Euglènes sociales et se forme sur la boue des ornières, sur la vase des ruisseaux, au fond de l'eau des flaques ou à sa surface; mais sa formation est loin d'être régulière et rythmique comme chez *Euglena limosa*. De plus, ses modalités varient avec les espèces et parfois dans la même espèce, les cellules pouvant être entourées de plus ou de moins de mucus, être soit arrondies, soit polygonales ou même conserver la forme qu'elles ont en mouvement. Il y a lieu de distinguer : 1° l'état palmelloïde ou parenchymateux; 2° les colonies palmelloïdes qui peuvent se former aux dépens d'individus libres ou d'individus à l'état de parenchyme. J'y reviendrai.

phyllien primitif, des pyrenoïdes, etc. Le nombre le plus fréquent me paraît être 8 et chacune semble être libre dans la cavité de l'Euglène primitive, de sorte que le tout est semblable à un sporange, comme le fait a été signalé pour l'*Euglena sociabilis* et l'*E. pisciformis* (¹).

Parmi ces colonies, quelques-unes sont vertes, d'autres incolores, et, comme elles peuvent rester longtemps sans revenir à l'état d'activité, celles-ci ne réacquièrent les pigments que peu à peu. Il est remarquable de constater qu'elles sont douées déjà de motilité à l'intérieur de la cavité qui les renferme, ou plus exactement peuvent lentement changer de forme; de même lorsqu'elles sont sorties de la cellule mère. Celle-ci prend, lorsqu'elle va se diviser, une forme ovoïde ou sphérique, n'épaissit ni ne gélifie sa paroi. La division peut ne pas y être totale, des amas résiduels subsistant çà et là.

Ces faits accentuent encore la séparation que j'ai indiquée entre cette espèce et l'*Euglena deses* Ehr., où il n'a été observé jusqu'ici qu'une simple bipartition longitudinale chez des individus libres ou chez d'autres ayant pris une forme régulière à l'intérieur d'une enveloppe gélatineuse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'inversion du saccharose dans le suc d'orange.* Note de M. G. **André**, présentée par M. L. Maquenne.

J'ai montré (²) l'influence qu'exerçait l'acide citrique sur l'inversion du sucre de canne dans les quartiers d'orange intacts maintenus en vase clos en présence d'un antiseptique. Cette influence est, pour des temps égaux, inférieure à celle qu'exerce *in vitro* l'acide sur le saccharose; la concentration des liqueurs étant, dans ce dernier cas, du même ordre de grandeur que celle du suc d'orange.

I. On peut, dans une certaine mesure, accélérer cette inversion en broyant les quartiers d'orange, et introduisant le magma obtenu dans un flacon, avec une petite quantité d'eau. A cet effet, on a séparé les quartiers de trois oranges en trois lots de poids à peu près égaux. Le premier lot I pesant 128ᵍ,7 a été analysé de suite; les quartiers intacts du second II

(¹) P.-A. Dangeard, *Recherches sur les Eugléniens* (*Le Botaniste*, 8ᵉ série, 1902).
(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 126.

pesant $125^g,6$ ont été abandonnés pendant deux mois dans un flacon avec quelques gouttes de toluène; les quartiers du troisième III pesant $120^g,5$ ont été broyés, mélangés avec un peu d'eau et abandonnés pendant deux mois dans un flacon avec quelques gouttes de toluène. Voici le résultat des analyses, rapporté à 100^g de matière fraîche, contenant 88,49 pour 100 d'eau :

	Acide citrique.	Sucres réducteurs.	Saccharose.	Saccharose. / Sucres réducteurs.
I	g 0,870	g 4,398	g 3,007	0,68
II	0,949	4,856	2,942	0,60
III	1,063	5,373	2,751	0,51

L'inversion du sucre de canne semble donc être un peu plus avancée dans l'expérience III que dans l'expérience II où les quartiers étaient intacts. J'ai cependant observé que, dans certains cas, il n'y avait qu'une faible différence entre l'inversion du saccharose dans les quartiers intacts comparée à celle des quartiers réduits en pulpe.

II. En vue de définir les rôles respectifs de l'acidité et de la présence hypothétique de la sucrase dans l'inversion du saccharose chez l'orange, j'ai effectué les expériences suivantes qui ne portent que sur le suc lui-même du fruit. Dix oranges, décortiquées, ont été broyées au mortier, et la pulpe obtenue a été rapidement soumise à une énergique pression de 300^{kg} par centimètre carré. Le jus exsudé, deux fois filtré, était bien limpide.

Ce jus a été partagé en six lots de 20^{cm^3} chacun, que l'on a traités ainsi : 1, examen immédiat; 2, abandon du liquide dans un flacon à la température ordinaire, avec quelques gouttes de toluène; l'analyse a été faite au bout de deux mois; 3, neutralisation exacte à la phtaléine du jus par la potasse étendue, puis abandon dans un flacon (le reste, comme 2); cet essai est destiné à constater l'influence seule de la sucrase; 4, même dispositif que 3, mais le liquide, après neutralisation, a été chauffé pendant 30 minutes au bain-marie à 100° (l'inversion doit être nulle); 5, chauffage du jus pendant 10 minutes à 100°, afin de mesurer l'accélération de l'influence inversive de l'acide citrique sur le saccharose (analyse immédiate de ce jus chauffé); 6, même essai que le précédent, mais le chauffage a été prolongé pendant 1 heure. Voici les résultats obtenus, rapportés à 10^{cm^3} de jus dont l'acidité, évaluée en acide citrique, s'élevait à $0^g,16$:

	Sucres réducteurs.	Saccharose.	Saccharose disparu pour 100 du saccharose initial.	Sucres réducteurs. / Saccharose.
1	g 0,410	g 0,389	»	0,94
2	0,695	0,076	80,47	0,11
3	0,470	0,294	24,42	0,62
4	0,410	0,361	7,19	0,88
5	0,515	0,299	23,13	0,58
6	0,740	0,046	88,17	0,06

L'influence de l'acide citrique sur l'inversion du saccharose est très nette à la température ordinaire (2), puisque 80,47 pour 100 du saccharose initial ont disparu en deux mois. Cette inversion est du même ordre de grandeur que celle qu'avait fournis, au bout du même temps, les essais *in vitro*. L'inversion du saccharose par l'acide citrique est, comme il fallait s'y attendre, fortement accélérée par l'élévation de la température (5) et par la durée du chauffage (6). L'influence hypothétique de la sucrase seule sur l'inversion semble assez nette, puisque 24,42 pour 100 du sucre initial ont disparu (3). Cette action inversive est cependant beaucoup moins intense que celle de l'acide citrique. La neutralisation du jus et l'anéantissement de l'action diastasique par chauffage à 100° ne donnent lieu qu'à un changement peu important de la composition initiale de ce jus (4). Il se pourrait donc qu'à l'action inversive de l'acide se superposât, au moins dans le cas actuel, celle d'une invertine agissant dans le même sens, bien qu'avec une intensité beaucoup plus faible.

Toutefois, et pour bien mettre en évidence l'extrême variabilité qui se présente dans les conditions naturelles, il a été observé, au cours de certains essais, que la quantité de sucre interverti dans le jus seul était sensiblement la même, soit que ce jus ait été neutralisé exactement, soit qu'il ait été chauffé à 100° après sa neutralisation : comme si l'action problématique de la sucrase était alors nulle. L'inversion était très faible au bout de trois mois et demi et du même ordre de grandeur dans les deux cas.

III. L'inversion du sucre de canne dans le jus extrait par pression de la pulpe peut cependant être assez lente à la température ordinaire. L'expérience 2 du Tableau précédent avait montré que, au bout de deux mois, dans le jus abandonné à lui-même, 80,47 pour 100 du saccharose avaient été invertis.

Voici un essai dans lequel, à concentration initiale à peu près égale en acide et sucre dans un jus naturel, conservé pendant plusieurs mois en flacons clos, l'inversion a été notablement moins rapide. Les analyses du Tableau suivant se rapportent à 10^{cm^3} de jus dont l'acidité était égale à $0^g,146$.

Dates.	Sucres réducteurs.	Saccharose.	Sucre de canne disparu pour 100 du sucre initial.
25 février 1918 (début)... ...	$0^g,355$	$0^g,361$	»
25 mars......................	0,360	0,337	6,65
25 avril......................	0,385	0,327	9,42
1er juin	0,410	0,266	26,32
15 juillet......................	0,455	0,232	35,74

BIOLOGIE. — *Les monstres doubles du scyphistome.*
Note [1] de M. **Edgard Hérouard**, présentée par M. Yves Delage.

En raison du mode de bourgeonnement qui est habituel aux Cœlentérés, les formes coloniales qui se rencontrent dans cet embranchement pourraient être considérées comme des monstres autositaires monosomiens multicéphaliens; la constance spécifique de ces formations est la seule raison pour laquelle on ne les considère pas comme des monstres, mais comme une étape normale du cycle évolutif de leur substance spécifique. Les espèces qui présentent la forme polype solitaire dans leur cycle évolutif normal fournissent au contraire des anomalies auxquelles on conserve le nom de *monstres*, consacré par l'usage.

Le scyphistome des Acraspèdes est un polype solitaire et peut ainsi présenter des anomalies qui sont désignées sous le nom de *monstres doubles;* mais ces monstres ne proviennent pas toujours, comme on le croit, d'un bourgeon stolonial double, ce ne sont pas toujours des monosomiens adelphes. Ce mode de formation est le plus fréquent, mais ce n'est pas le seul. En étudiant le développement, il m'a été permis de suivre la formation des monstres doubles et de m'assurer que les monstres monosomiens que l'on rencontre peuvent avoir des origines très différentes, et qu'il existe en outre des monstres monocéphaliens non signalés jusqu'ici.

(1) Séance du 1er décembre 1919.

Il existe en réalité trois espèces de monstres monosomiens et leur formation correspond à trois étapes du cycle annuel, il existe :

a. Des monstres doubles autositaires monosomiens adelphes;
b. Des monstres doubles autositaires monosomiens hétéradelphes;
c. Des monstres doubles monosomiens d'origine éphyrienne.

Le corps du scyphistome est divisé en deux régions : une proximale que l'on peut appeler *la souche* et une distale comprenant les quatre cloisons gastriques que l'on peut appeler *la tête* ou mieux *l'ephyrulum*, aux dépens de laquelle se développeront les éphyra.

Le cycle annuel que parcourt le scyphistome comprend quatre périodes : 1° une période de bourgeonnement dont l'activité diminue graduellement pour cesser à l'entrée de l'automne; 2° une période de repos, prélude de la strobilisation; 3° une période d'éphyrulation qui s'accomplit normalement dans les mois de novembre et de décembre; 4° une nouvelle période de repos, étape postéphyrienne, prélude de la période de bourgeonnement qui reprendra au printemps suivant; la souche ne mourant pas, recommence un cycle annuel.

Les monosomiens adelphes (*a*) correspondent à la période de bourgeonnement actif; les monosomiens hétéradelphes (*b*) à la période de repos préludant à la strobilisation, et les monosomiens d'origine éphyrienne (*c*) à la période postéphyrienne.

a. Au commencement de la période de bourgeonnement actif les stolons donnant naissance aux nouveaux bourgeons s'allongent d'une façon démesurée et vont fixer leur bouton terminal en un point très éloigné de la mère. Quand le scyphistome a été bien nourri, la vitesse de formation des stolons successifs peut être telle, que l'on peut rencontrer sur la même mère trois et même quatre stolons à différents degrés de développement. On observe alors parfois un stolon qui, au lieu de ne former sur son trajet qu'un seul disque tentaculaire, en produit deux. Ce fait n'empêche pas que la libération du stolon s'effectue d'une façon normale et l'on a ainsi un bourgeon portant sur sa souche unique deux éphyrulum. Telle est la formation du monstre double monosomien adelphe, c'est le plus commun.

b. Au cours de la période de bourgeonnement, on constate que les stolons, qui avaient au début un allongement démesuré, réduisent de plus en plus leur longueur et les stolons qui se forment à la fin de cette période

finissent par devenir nuls. Le bourgeon se réduit ainsi à un éphyrulum sans stolon, qui reste adhérent au corps de la mère et qui a perdu toute faculté d'arpentage. On obtient ainsi un monstre double monosomien hétéradelphe dont les deux éphyrulum sont de taille très différente, l'un représentant celui du producteur et l'autre celui du bourgeon. Cette différence d'origine n'altère d'ailleurs en rien la suite de leur évolution individuelle, car j'ai constaté que malgré l'âge récent du bourgeon, la strobilisation et l'éphyrulation se poursuivent normalement pour l'un comme pour l'autre. Ce bourgeon entre d'emblée dans sa période de repos, prélude de la strobilisation.

c. Vers le mois de novembre le scyphistome s'allonge démesurément et peut atteindre plusieurs fois la longueur qu'il avait précédemment. C'est le début de la strobilisation. L'éphyrulum est lisse, sans étranglements et présente un diamètre à peu près uniforme sur toute sa longueur, quand l'animal est au repos; quand on l'oblige à se contracter, il se renfle au niveau de la souche, tandis que la partie correspondant à l'éphyrulum reste cylindrique. Les tentacules, qui pendant la période de bourgeonnement forment un cercle uniforme, sans présenter de distinctions entre eux, changent leurs positions relatives; les perradiaux et les interradiaux restent dans leur position habituelle, tandis que les adradiaux se renversent en dehors et l'on a alors un disque tentaculaire formé de deux couronnes concentriques, la plus externe, représentée par les tentacules adradiaux qui alternent avec ceux de la couronne interne; c'est alors seulement que commence à paraître les étranglements circulaires qui sépareront les diverses éphyra. Mais ces étranglements n'apparaissent pas simultanément sur toute la longueur, ils se forment de proche en proche, du disque tentaculaire vers la souche. Ils forment ainsi une file d'anneaux renflés en forme de tore. Au fur et à mesure que cette annulation se propage, la formation des éphyra se poursuit pour chacun d'eux et, dans les strobiles de grande taille, la première éphyra peut revêtir sa forme complète, alors que les étranglements continuent encore à se former. Les anneaux éphyriens poursuivant ainsi leur formation individuelle de proche en proche, et les strobiles formant une quinzaine d'éphyra, présentent à un moment donné, alors que la première éphyra n'est pas encore libérée, des éphyra à tous les stades de développement. De nouveaux étranglements peuvent même se produire encore au voisinage de la souche, alors que les éphyra distales ayant atteint leur formation définitive se sont déjà libérées.

Le dernier étranglement, près de la souche, représente par son bord proximal le lieu où vont naître les tentacules de nouvelle formation de la souche restante.

Or, on constate que les derniers anneaux éphyriens sont mal formés et transforment leurs lobes en tentacules qui figurent des cercles concentriques et internes par rapport au cercle tentaculaire de la souche.

Ces dernières éphyra mal formées ne se libèrent pas, elles restent fixées au polype, et la bouche, qui en occupe le centre, représente en réalité la bouche éphyrienne et non celle du polype. Ce reliquat de la strobilisation est destiné à disparaître, mais sa régression se produit très lentement : un polype qui avait strobilisé en novembre et qui avait libéré sa dernière éphyra au commencement de décembre, ne termina la régression de ce reliquat que vers le milieu de mars. C'est au cours de cette régression que le polype revêt la forme d'un monstre double monosomien. On voit, en effet, une nouvelle bouche se percer en un point de l'espace qui sépare le cercle des tentacules normaux de celui du reliquat et le champ du disque tentaculaire présente alors deux bouches : celle qui vient de se percer et celle du reliquat. Elles sont fonctionnelles, toutes deux, et pourvues de lèvres contractiles.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les bacilles pyocyanoïdes*. Note de M. C. **Gessard**, présentée par M. Roux.

J'ai montré [1] que pour certains bacilles pyocyaniques, OF et OS, représentant des races fluorescigène F et sans pigment S de la variété achromogène O, le pouvoir de faire de la pyocyanine est aboli en bouillon et en eau peptonée, tandis qu'il subsiste dans cette eau peptonée glycérinée et gélosée pour constituer le milieu solide dit gélose-peptone glycérinée. Je me suis proposé de supprimer aussi la fonction pyocyanogène au regard de ce dernier milieu. J'y ai employé les moyens auxquels j'ai déjà dû plusieurs dégradations du bacille pyocyanique. L'agent principal dans cette technique est l'usure résultant du procès vital pendant une longue suite de cultures en milieux variés, au contact de l'air, au cours desquelles j'interviens par des sélections opportunes. J'ai obtenu finalement deux types de bacilles pour qui, à défaut de la pyocyanine, désormais absente de tous les

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1066.

milieux de culture, et faute des notions commémoratives, que l'expérimentateur est seul à posséder, on est réduit, pour l'identification, aux vestiges des propriétés des bacilles originaux tels que : la forme des organismes, de valeur secondaire en diagnose microbienne; l'odeur aromatique des cultures, caractère contingent et d'appréciation trop subjective; et, pour l'un des bacilles, la fluorescence verte de la culture en bouillon, phénomène qui s'observe chez beaucoup d'autres espèces. Or on a reçu parfois au laboratoire des germes semblables, aussi dénués de propriétés caractéristiques, sans aucun renseignement sur leurs antécédents; et j'en ai dû, en dernier lieu, un échantillon à l'obligeance de M. le Dr Cayrel. Pour distinguer et classer ces germes, si peu différenciés jusqu'ici de tant d'autres, il n'est de recours, en l'état actuel de nos connaissances, que dans la réaction d'ordre biologique qu'a instituée M. Launoy.

M. Launoy [1] a préparé, avec la protéase d'une culture pyocyanique comme antigène, un sérum qui empêche l'action liquéfiante sur la gélatine des germes de l'espèce pyocyanique, de quelque race ou variété qu'ils soient, à l'exclusion des autres espèces liquéfiantes. Ce sérum a pu être essayé sur nos germes qui, tout dégradés qu'ils sont au point de vue chromogène, ont gardé intact le pouvoir gélatinolytique. Il s'est montré d'égale efficacité sur les types que j'ai réalisés au laboratoire et sur l'échantillon qui m'est venu du dehors, les assimilant ainsi aux bacilles pyocyaniques normaux.

Malgré cette réaction commune, je ne rangerai pourtant pas parmi les pyocyaniques ces microbes qui ne font pas de pyocyanine. Dans ce principe chimique, cristallisable, d'extraction facile, de couleur et de réactions caractéristiques, nous possédons un élément de diagnostic tel que peu d'espèces microbiennes en offrent de comparable. Il convient de lui réserver la signification spécifique, à l'exclusion de tout autre élément, et de faire toujours, de la production de la pyocyanine dans un au moins des milieux appropriés, la condition indispensable de la présence avérée des bacilles pyocyaniques légitimes. Un bacille qui ne fait pas de pyocyanine ne peut être dit pyocyanique, non plus que n'est dite charbonneuse la bactéridie qui ne tue plus la souris d'un jour, quelques références qui puissent être fournies par ailleurs.

J'appellerai donc *pyocyanoïdes*, eu égard à la parenté pyocyanique, les germes analogues aux susdits : c'est-à-dire des germes qui, abstraction

---

(1) Launoy, *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 82, 1919, p. 263.

faite des points de ressemblance de moindre importance avec les bacilles pyocyaniques normaux, ont de commun avec ceux-ci une réaction reconnue spécifique, comme est la sensibilité à l'antiprotéase spéciale dans le cas présent, mais qui sont incapables de produire de la pyocyanine dans aucun milieu de culture. J'entends dès lors que ce terme évoque sans plus, pour les germes auxquels il s'appliquera dans les conditions strictement déterminées, la possibilité d'une origine commune avec les pyocyaniques authentiques et la ressemblance initiale, suivies d'une évolution dégradante comme celle que j'ai constatée dans mes recherches. On peut supposer cette évolution réversible : pour vérifier expérimentalement cette hypothèse, les germes pyocyanoïdes se trouvent particulièrement désignés.

Je noterai, en conclusion de cette étude, que dès ici sont identifiés les types des deux seules races que comportent les bacilles pyocyanoïdes : la race F à fluorescence verte dans le bouillon, la race S sans pigment dans le même milieu.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 FÉVRIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. Henri DESLANDRES.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Jovan Cvijič*, recteur de l'Université de Belgrade, qui assiste à la séance.

CYTOLOGIE. — *Plastidome, Vacuome et Sphérome dans* Selaginella Kraussiana. Note de M. **P.-A. Dangeard.**

Dans une Note récente [1], j'ai montré que l'on avait confondu sous le nom de mitochondries et de chondriome au moins trois systèmes d'éléments cellulaires qui sont en réalité complètement indépendants les uns des autres par leur origine, par leur nature et par leurs fonctions : cette erreur qui, au dire d'un de ses protagonistes les plus distingués, visait à ressusciter la vieille théorie granulaire d'Altmann, attribuait à un même élément la mitochondrie et à ses transformations désignées sous les noms de *chondriocontes* et de *chondriomites* toutes les manifestations de l'activité cellulaire : corpuscules métachromatiques, amidon, huiles, graisses, anthocyane, chlorophylle, pigments divers et même glycogène.

Dans ce mélange d'éléments disparates, réunis sous le nom de *chondriome*, je suis arrivé à distinguer progressivement les trois systèmes indépendants que j'ai désignés finalement sous les noms de *vacuome*, de *plastidome* et de *sphérome*.

Pour caractériser ces trois formations et pour établir leurs fonctions

---

[1] P.-A. Dangeard, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

différentes, j'ai choisi, dans ma dernière Note à l'Académie (*loc. cit.*), l'Orge qui représente un type commun aux Graminées, ainsi que j'ai pu m'en assurer par l'étude de plantules de Blé, de Seigle, de Maïs, etc.

Dans ce nouveau travail, destiné à illustrer un type de Cryptogame vasculaire, j'ai pris comme exemple une Sélaginelle; d'ailleurs, je prévoyais que la distinction du plastidome dans ce genre Sélaginelle n'offrirait pas de difficulté sérieuse, à cause de la grande dimension des chloroplastes et de leur nombre réduit dans chaque cellule : les résultats ont dépassé mon attente.

L'étude du point de végétation de la tige permet, en appliquant les méthodes ordinaires de coloration à l'hématoxyline ferrique, de voir dans chaque cellule un filament chromatique, de longueur variable, appliqué étroitement à la surface du noyau (*fig.* 1) ; ce filament représente un *mitoplaste* unique qui se divise en deux moitiés avant chaque cloisonnement cellulaire : ces deux moitiés restent en contact avec la surface du noyau et prennent souvent la forme de deux calottes chromatiques ; dans ces petites cellules du point de végétation, le noyau, flanqué de ses deux mitoplastes, occupe une grande partie de la cavité cellulaire.

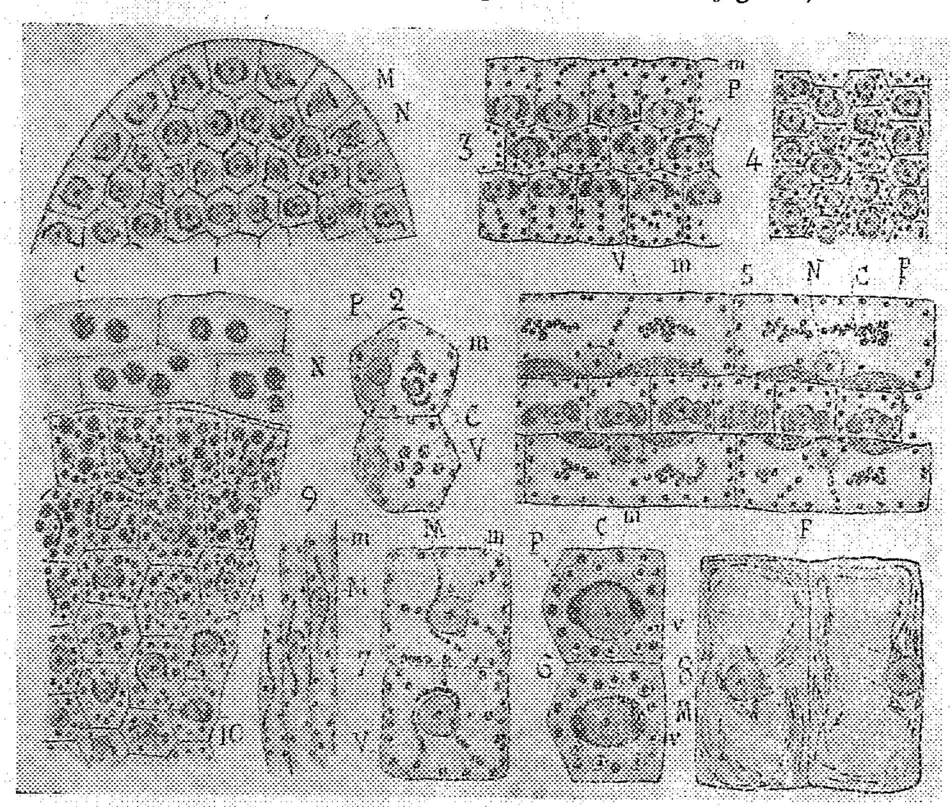
On retrouve ces deux mitoplastes en calotte, associés au noyau dans les cellules des mamelons foliaires (*fig.* 4), dans les jeunes feuilles (*fig.* 3) et dans l'écorce de la tige ; ils perdent de leur chromaticité à mesure qu'ils s'imprègnent de chlorophylle pour se transformer en chloroplastes ordinaires (*fig.* 3) ; ceux-ci peuvent se diviser, soit dans l'écorce, soit dans les feuilles, de façon qu'une même cellule arrive à posséder six ou huit chloroplastes.

Les feuilles jeunes de Sélaginelle présentent à leur aisselle une formation ayant l'aspect d'une sorte de tubercule : les grandes cellules qui constituent ce tubercule, destiné sans doute à former macrosporanges et microsporanges, renferment de très beaux mitoplastes plus ou moins contournés autour du noyau et plus ou moins longs : ils sont au nombre d'un ou deux par cellules (*fig.* 7).

On rencontre également de très longs mitoplastes dans les cellules libériennes des faisceaux et des stèles : ils sont quelquefois renflés à leur extrémité (*fig.* 9).

Dans la racine, l'activité du cloisonnement ne se manifeste guère qu'à la pointe extrême de cet organe et sur un espace très limité dans lequel les cellules sont gorgées de protoplasma et de réserves : chaque cellule renferme un mitoplaste filamenteux qui se divise en deux : ces éléments sont

particulièrement visibles dans le cylindre central, alors que parfois, ils se trouvent masqués plus ou moins dans la zone corticale externe par l'abondance des corpuscules métachromatiques du vacuome (*fig.* 10).



Selaginella Kraussiana.

Fig. 1. Point de végétation de la tige : noyau accompagné du mitoplaste; celui-ci comme dans les figures suivantes est déjà souvent divisé en deux. — Fig. 2. Cellules jeunes dans l'écorce de la tige : noyau accompagné de ses deux chloroplastes P; V, vacuole avec corpuscules métachromatiques C sphériques ou en ruban; *m*, microsomes. — Fig. 3. Section de feuille jeune avec chloroplastes. — Fig. 4. Section au niveau d'un point de végétation de feuille : transition des mitoplastes aux chloroplastes. — Fig. 5. Section d'une feuille plus âgée. — Fig. 6. Détail des éléments dans une cellule d'un point de végétation. — Fig. 7. Mitoplaste en long cordon dans une cellule du tubercule axillaire de feuille. — Fig. 8. Fibrilles cytoplasmiques dans les cellules âgées à la base du tubercule. — Fig. 9. Mitoplastes allongés dans les cellules du liber. — Fig. 10. Section transversale à la pointe de la racine.

Nota. — Dans toutes les figures : N, noyau; M, mitoplastes; P, chloroplastes; *m*, microsomes; V, vacuoles; C, corpuscules métachromatiques.

Le vacuome de cette Sélaginelle peut être étudié soit sur le vivant directement ou au moyen des colorations vitales, soit après fixation et coloration par les méthodes ordinaires.

Dans le point de végétation de la tige et des feuilles, les vacuoles élémentaires ou métachromes sont d'abord peu nombreuses et le cytoplasme est lui-même peu abondant : les colorations vitales font apparaître dans ces vacuoles élémentaires un corpuscule métachromatique agité de mouvements browniens : après fixation et coloration, ces corpuscules se colorent en noir foncé par l'hématoxyline ferrique (*fig.* 6 *v*).

L'évolution du vacuome se fait à la façon ordinaire : les vacuoles élémentaires se fusionnent jusqu'au moment où la cellule âgée ne renferme plus qu'une seule grande vacuole : la quantité de métachromatine en solution colloïdale dans le vacuome augmente pendant cette évolution et le nombre des corpuscules métachromatiques qui sont précipités de cette solution par le colorant vital, par le bichromate de potasse, ou par l'acide osmique, devient de plus en plus grand : ces corpuscules restent isolés ou bien se groupent en amas irréguliers, en chaînettes (*fig.* 2, 5 *c*) : on en voit même qui s'allongent en un ruban recourbé.

Il est intéressant de noter que ces corpuscules métachromatiques se colorent exactement comme les mitoplastes par la méthode de Regaud.

Dans le point de végétation de la racine où la métachromatine est extrêmement abondante et dense, le corpuscule métachromatique est préformé et il se distingue à peine de la vacuole élémentaire qui le contient et dans laquelle il effectue un léger mouvement brownien : ces corpuscules sont très nombreux dans les cellules du point de végétation : il en existe de grosseur très variable : les plus gros se montrent dans les cellules de la coiffe (*fig.* 10) où ils se sont formés dans la grande vacuole centrale.

Le *sphérome* chez les Sélaginelles est constitué par des microsomes ordinaires : ils sont relativement peu nombreux. On les voit facilement sur le vivant dans les cellules épidermiques des feuilles, dans les mamelons foliaires et dans les cellules de la racine ; ils sont isolés ou réunis par deux ; plus rarement, ils sont associés en chaînettes.

La distinction des microsomes après coloration à l'hématoxyline ferrique est beaucoup plus délicate ; si la limite des vacuoles est mal conservée on peut confondre, dans les cellules très jeunes, microsomes et corpuscules métachromatiques ; avec de bonnes préparations, on les reconnaît facilement.

Ces microsomes, dont l'existence ne saurait être contestée par personne, ont la propriété, comme je l'ai montré précédemment, de se teindre en noir par l'hématoxyline ferrique, comme les mitoplastes et aussi les corpuscules métachromatiques, ce qui est la cause des nombreuses erreurs com-

mises à leur sujet. Ainsi Mangenot prétend sans autre explication ([1]) que ses mitochondries granuleuses du *Fucus* ne correspondent pas aux microsomes du sphérome. S'il avait pu en fournir la preuve, la chose serait d'un grand intérêt, car elle montrerait qu'il existe dans la cellule végétale, en dehors des trois systèmes précédents, un quatrième système d'éléments indépendants; mais, d'après ce que je connais du sphérome des *Bryopsis*, des *Vaucheria*, de nombreuses Algues et de nombreux Champignons, ainsi que de beaucoup de plantes phanérogames, la chose me paraît bien invraisemblable.

J'ai déjà signalé à diverses reprises que, dans les cellules âgées, le cytoplasme de la cellule végétale est différencié en fibrilles extrêmement minces sur lesquelles circulent les microsomes : certains de ces trabécules, malgré leur ténuité, sont certainement formés de plusieurs fibrilles, car il n'est pas rare de voir deux microsomes accouplés se séparer et se diriger en sens inverse.

Or, chez les Sélaginelles, j'ai observé dans les grandes cellules qui relient le tubercule auxiliaire à la feuille, des filaments minces plus ou moins longs : ce sont des fibrilles chromatiques, isolées, droites ou contournées, dissociées ou groupées en faisceau : ici la distinction d'avec les mitoplastes est facile; mais il n'en est pas de même, certainement, lorsque les mitoplastes sont nombreux dans une espèce : ces fibrilles ne sont autre chose que des fibrilles cytoplasmiques, car on y rencontre encore parfois sur leur trajet des microsomes (*fig.* 8 F).

Je ne crois pas trop m'avancer en disant que ces fibrilles cytoplasmiques ont été parfois rangées, sous le nom de chondriocontes, avec les mitoplastes du plastidome.

En résumé, l'étude du type Sélaginelle vient confirmer mes précédentes conclusions : les expressions de chondriome, mitochondries, chondriocontes et chondriomites n'ont plus aucune signification précise : ces expressions marquaient simplement l'ignorance où nous étions de pouvoir distinguer les éléments appartenant soit au vacuome (métachromes et corpuscules métachromatiques), soit au plastidome (mitoplastes et plastes), soit au sphérome (microsomes), soit même au cytoplasme (fibrilles élémentaires) : aussi peut-on dire que parmi les nombreux travaux relatifs au chondriome de la cellule végétale, publiés dans ces dernières années, beaucoup fourmillent d'erreurs et n'ont plus guère qu'un intérêt historique.

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 63.

La présence d'un seul mitoplaste associé au noyau, dans les cellules embryonnaires chez les Sélaginelles, permettra d'étudier la façon dont il se comporte au moment de la fusion des gamètes : des problèmes analogues à ceux qui ont été soulevés par la « karyogamie » vont donc pouvoir maintenant être abordés fructueusement.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les microretassures des lingots d'acier.* Note de M. **Georges Charpy.**

Les ruptures de pièces métalliques sont, dans la très grande majorité des cas, causées par l'existence d'un *défaut* local, solution de continuité ou inclusion de matière étrangère; c'est principalement pour tenir compte de l'influence possible de ces défauts, dont la présence est toujours à redouter, que l'on est conduit à employer dans les constructions métalliques des coefficients de sécurité très élevés.

A côté des études qui tendent à définir et à améliorer les qualités du métal normal, il y a donc lieu de poursuivre la recherche et la définition systématique des différents types de défauts ainsi que des moyens propres à les éviter ou à en atténuer les inconvénients.

Au cours d'essais destinés à apporter une contribution à cette recherche, j'ai examiné un grand nombre de sections pratiquées dans des lingots d'acier n'ayant subi aucun travail de laminage et de forgeage. Sur la plupart d'entre eux j'ai pu constater la présence de cavités locales de très petites dimensions, qui paraissent causées par le retrait que subit l'acier en passant à l'état solide et dont un premier effet bien connu est la formation de la retassure ou poche de retassement; pour cette raison, je propose de désigner sous le nom de *microretassures* ces solutions de continuité qui se produisent partout où une goutte de métal peut rester un instant à l'état liquide tout en étant complètement entourée de parties solidifiées.

La solidification de l'acier se faisant sous forme d'aiguilles dendritiques qui partent de la paroi de la lingotière et sont dirigées au début perpendiculairement à cette paroi, il n'y a généralement pas dans la première période de solidification de gouttes de liquides qui puissent rester emprisonnées et isolées entre les dendrites; mais il n'en est pas de même quand la solidification gagnant en profondeur, les dendrites cessent d'être orientées aussi régulièrement et surtout dans la région centrale quand les dendrites venant des parois opposées se rencontrent et s'enchevêtrent.

C'est en effet dans la région du centre du lingot que l'on observe le plus fréquemment les microretassures.

L'observation en est d'ailleurs assez délicate en raison de la petitesse de leurs dimensions. Si, dans un lingot d'acier convenablement préparé, on pratique une section diamétrale et qu'on l'examine après dressage et polissage à la meule, il arrive souvent qu'on ne distingue aucune solution de continuité en dehors de la poche de retassement et des prolongements qu'elle présente parfois suivant l'axe et qu'on désigne sous le nom de *retassures en chapelets;* dans toutes les autres parties, le métal paraît parfaitement compact. Mais si l'on pousse le polissage à la main, par les procédés employés pour la préparation des échantillons destinés à la Micrographie, on voit très souvent apparaître des lignes très fines, visibles cependant à l'œil nu et qui, examinées à la loupe ou au microscope à faible grossissement, se révèlent nettement comme des fissures à bords très rapprochés. On les voit également sur les sections de lingots attaquées par des liqueurs acides étendues, mais on les distingue mal alors des autres figures d'attaque et l'on constate beaucoup moins facilement leurs particularités caractéristiques qu'après un simple polissage suffisamment poussé. En traitant les surfaces polies par les réactifs cupriques, on fait apparaître les dendrites et l'on constate alors que les microretassures sont placées entre ces dendrites et plus généralement aux points où elles s'entre-croisent avec des orientations différentes (*fig.* 1).

Les microretassures se distinguent très nettement des traces de retassures en chapelet par leur forme sinueuse, par leur orientation générale qui est très variée et souvent perpendiculaire à l'axe du lingot et enfin par leur emplacement qui occupe une région importante autour de l'axe et s'étend jusque dans la partie inférieure des lingots, même quand ils sont coulés avec toutes les précautions connues pour ramener la poche de retassement et ses prolongements à la partie supérieure. Ces précautions et les divers procédés de coulée qui en dérivent ne permettent donc pas d'éviter la formation des microretassures sauf peut-être ceux qui comportent une compression de l'acier dans la lingotière et dont le type le plus perfectionné est le procédé Harmet.

L'existence de ces fissures peut être aussi facilement constatée en produisant dans le métal une légère déformation soit par flexion, soit par traction; on les voit alors s'ouvrir et s'accentuer jusqu'à ce que l'une d'elles, plus importante, détermine la rupture.

Si l'on prélève des barreaux de traction dans le lingot même (sans que

le métal ait subi aucun travail de forgeage) et qu'on les soumette à l'essai après leur avoir fait subir un traitement thermique convenable, on obtient, dans la région saine, des chiffres de résistance et d'allongement tout à fait comparables à ceux que donne le métal forgé. Pour les barreaux prélevés dans la région des microretassures, au contraire, la rupture se produit par déchirement sous une charge et avec un allongement très faibles.

Le Tableau reproduit plus bas donne quelques chiffres déterminés dans

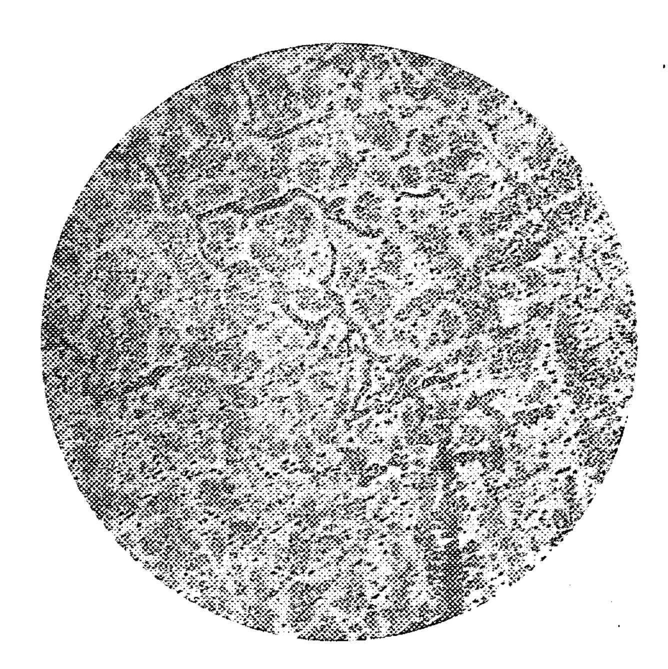


Fig. 1. — Microretassure dans un lingot d'acier attaqué au réactif cuprique. G = 30.

ces conditions. Il fait aussi ressortir comment ces résultats peuvent être modifiés par la soudure des microretassures qui est relativement facile à réaliser. On peut, en effet, constater que les parois des microretassures ne sont pas oxydées; les petites cavités sont remplies des gaz réducteurs que l'on peut, comme on sait, extraire du métal, même à la température ordinaire; si, dans ces conditions, on soumet le métal à une température suffisamment élevée, à une pression capable d'amener au contact ces parois qui sont d'ailleurs très peu éloignées l'une de l'autre, on obtiendra, en général, une soudure dont la solidité varie naturellement avec les conditions de l'expérience, mais peut atteindre des chiffres élevés.

Voici, par exemple, les résultats obtenus sur deux fragments prélevés

aux points correspondants de la partie inférieure de deux lingots identiques préparés simultanément dans une coulée d'acier demi-dur de qualité courante. Ces fragments ont été réchauffés à 1350°; le premier a été simplement refroidi à l'air; le deuxième a été soumis, au moyen d'une presse, à une compression longitudinale assez faible pour que la réduction de hauteur n'atteigne pas 10 pour 100.

Dans les deux blocs, on a prélevé des barreaux de traction dans le sens longitudinal, à diverses distances de l'axe; ces barreaux, essayés après avoir subi une trempe et un recuit, ont donné les résultats suivants :

Barreau prélevé.	Bloc non traité. Résistance.	Allongement.	Str.	Bloc comprimé à chaud. Résistance.	Allongement.	Str.
Suivant l'axe	30,7 kg	0	1,5	67,7 kg	8	11,4
A 20mm de l'axe	66,8	8	11,4	69,4	14	16,7
A 60mm de l'axe	68,1	8	12,7	71,0	16	20,6
A 90mm de l'axe et 20mm de la surface.	70,7	18	26,9	69,8	20	28,2

La faible compression exercée sur le deuxième bloc a donc suffi pour souder la majeure partie des défauts de la région centrale.

Cette soudure peut se produire au cours du laminage ou du forgeage. Mais comme ces opérations ne sont pas dirigées spécialement dans ce but il ne se trouve naturellement atteint que d'une façon assez aléatoire. Dans le cas du laminage, par exemple, il semble que les fissures transversales placées dans la région centrale commencent généralement par s'ouvrir dans les premières passes; elles peuvent alors former des cavités importantes si la fissure initiale tout en étant très fine présente une certaine longueur. A mesure que le métal s'allonge et lorsqu'il ne se produit pas de déchirure, la dimension transversale diminue et la fissure originairement perpendiculaire à l'axe se trouve finalement transformée en une ligne longitudinale qui peut même, dans certains cas, disparaître par soudure, mais qui a passé par des états intermédiaires au cours desquels l'importance des solutions de continuité et le volume des cavités étaient très notablement augmentés (*fig.* 2). Les défectuosités attribuables aux microretassures et qui ne sont pas visibles dans les conditions ordinaires d'observation sur les sections pratiquées dans les lingots deviennent donc très apparentes au commencement de l'étirage puis diminuent et peuvent même disparaître complètement en apparence à mesure que l'on exagère une dimension de la

pièce métallique; il subsistera toujours néanmoins une grande incertitude sur les qualités mécaniques de ces défauts ressoudés.

Dans le cas du forgeage, tel qu'il est pratiqué ordinairement, on aura des résultats très variables suivant la position de la microretassure par rapport aux déformations discontinues produites par le marteau. D'une manière

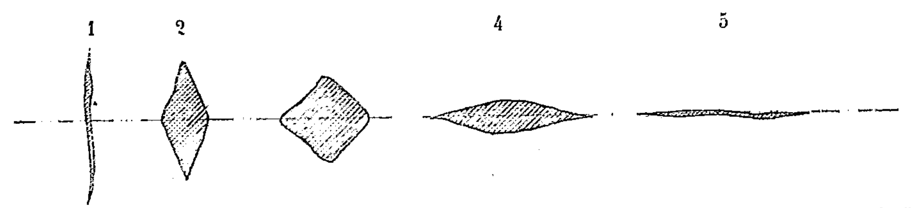


Fig. 2. — Schéma de la transformation d'une fissure transversale 1 en fissure longitudinale 5 au cours du laminage. — Les positions intermédiaires 2, 3, 4 forment des cavités importantes.

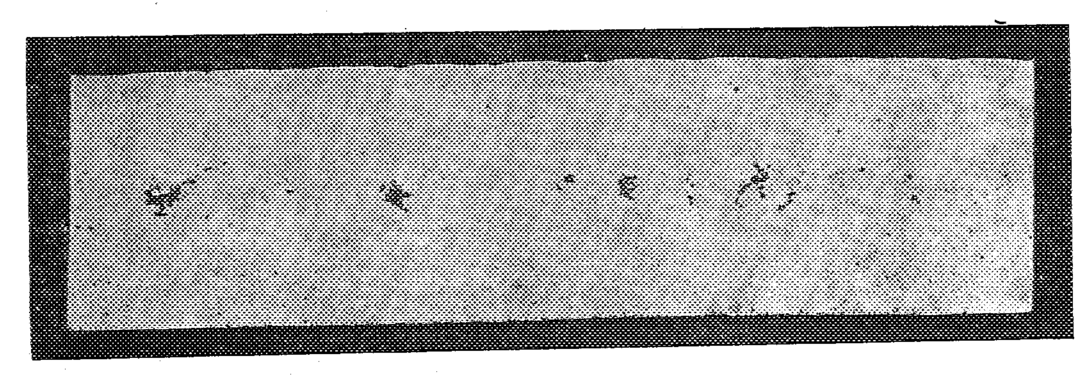


Fig. 3. — Section d'une barre d'acier montrant les défauts ouverts par le laminage.

générale, il y a plus grande tendance à la soudure des défauts que dans le laminage, mais on ne pourra néanmoins compter que ce résultat soit obtenu à coup sûr en tous les points de la pièce; de plus, la solidité de ces soudures sera toujours indécise.

En résumé, les microretassures qui se feront fréquemment dans les lingots d'acier d'après le mécanisme décrit ci-dessus paraissent être l'origine de défauts locaux qui peuvent devenir très graves dans certains cas; le travail à chaud du métal peut, dans certaines conditions, atténuer notablement ces défauts ou au contraire les développer considérablement (*fig.* 3). Il y a donc là une nouvelle raison pour admettre que les méthodes de forgeage et de laminage peuvent agir énergiquement sur la qualité des produits et doivent être étudiées systématiquement en tenant compte des observations qui précèdent et d'autres analogues, et non d'après les considé-

rations simplistes seules envisagées dans bien des cas où l'on se préoccupe seulement d'arriver le plus rapidement possible à une forme extérieure déterminée.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Farlow*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 45,

M. Leclerc du Sablon	obtient.	38 suffrages
M. Houard	»	4 »
M. Maire	»	2 »
M. Jumelle	»	1 suffrage

M. **Leclerc du Sablon**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *Walcott*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 42,

M. Lugeon	obtient.	40 suffrages
M. Cesàro	»	1 »

Il y a un bulletin blanc.

M. **Lugeon**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

PLIS CACHETÉS.

M. **L. Bru** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 juillet 1918 et inscrit sous le n° 8550.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une *Notice succincte sur les caractères chimiques et thérapeutiques d'un dérivé du soufre et de la glycérine.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. **Quéry** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 16 janvier 1905 et inscrit sous le n° 6933.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Etudes et recherches sur le bacille de la syphilis.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *Boudier*, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu à Blois, le 4 février 1920.

M. **Hadamard** dépose sur le bureau (¹) les Notes et papiers (relatifs au *Calcul fonctionnel*) ayant appartenu à **R. Gateaux**, lauréat de l'Académie (prix Francœur, 1916), jeune géomètre sur lequel on était en droit de fonder les plus belles espérances scientifiques, et qui est mort pour la France en septembre 1914.

Indépendamment des extraits qui viennent d'être publiés, par les soins de M. Paul Lévy, dans le *Bulletin de la Société mathématique de France*, il importe (étant donné surtout que la publication n'a pu être textuelle) que les chercheurs qui s'intéressent au Calcul fonctionnel puissent éventuellement se reporter au texte original et aussi aux brouillons qui, tout n'en ayant pu être interprétés jusqu'à présent, révéleront peut-être un jour des idées nouvelles. Ces documents seront à cet effet conservés à la Bibliothèque de l'Institut où ils pourront être consultés par les savants conformément au règlement.

M. **Robert Chodat**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Charles Nicolle**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

(¹) Séance du 2 février 1920.

MM. **Edouard Chatton**, **P. Vayssière** adressent des Rapports sur les recherches qu'ils ont exécutées à l'aide des subventions qui leur ont été accordées sur le Fonds Bonaparte en 1914 et 1915.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Traité des effets des explosifs*, par M. le général Gossot et M. R. Liouville.

2° *Journal des Observateurs* (publié par M. H. Bourget, avec l'aide d'une subvention de l'Académie des Sciences sur la Fondation Loutreuil). Tome II (25 septembre 1917-25 septembre 1919).

3° C. Grard, *L'Acier. Aviation, automobilisme, constructions mécaniques, sanctions de la guerre*. (Présenté par M. G. Charpy.)

4° *Évolution des industries qui transforment les produits agricoles*, par L. Lindet. (Présenté par M. A. Haller.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la réduction des transformations de contact.* Note de M. **Charles Rabut.**

L'étude d'un groupe de transformations comporte en principe leur réduction, si possible, à des combinaisons d'un nombre restreint de types simples constituant des sous-groupes, problème résolu depuis longtemps, par exemple, pour le groupe birationnel. Le groupe des transformations de contact, bien qu'infiniment plus général, se prête à une simplification analogue où l'on peut ne faire intervenir que le sous-groupe ponctuel et celui des polaires réciproques.

Si l'on transforme par polaires réciproques une transformation ponctuelle P, on obtient une transformation Ω appartenant à un sous-groupe de contact qui, bien que non ponctuel, change toute droite en une droite et que, pour ce motif, on pourrait dénommer *orthique*. Cela posé, la réduction que j'ai à faire connaître s'énonce ainsi : *Toute transformation de contact dans le plan est le produit d'une orthique par une ponctuelle*, et se représente, en notation usuelle, par la formule

$$C = \Omega P.$$

La démonstration de ce théorème repose :

1° Sur ce principe évident, que deux groupes ayant tous leurs invariants différentiels communs sont identiques;

2° Sur la connaissance des invariants différentiels du groupe ponctuel et du groupe de contact, que j'ai complètement déterminés il y a une trentaine d'années ([1]).

Les invariants différentiels du groupe Ω s'obtiennent, d'après sa définition, en opérant sur ceux du groupe P, exprimés en fonction de la coordonnée ξ et des dérivées η'', η''', ... la substitution indiquée par les équations d'une polarité réciproque, soit

$$(1) \qquad \begin{cases} \xi = ay', \\ \eta = xy' - y, \end{cases}$$

d'où l'on tire, par dérivations successives,

$$\eta' = \frac{x}{a},$$

$$\eta'' = \frac{1}{a^2 y''},$$

$$\dots\dots\dots\dots,$$

$$(2) \qquad \frac{d^n \eta}{d\xi^n} = \Phi \frac{d^n y}{a^n dx^n} + \Psi,$$

Φ et Ψ étant des fonctions de x, y'', y''', ..., $\frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}}$.

Or j'ai démontré que tout invariant du groupe ponctuel complet a pour *siège* un faisceau d'éléments infinitésimaux et est un produit de facteurs de la forme

$$\frac{d^n y_a}{dx_a^n} - \frac{d^n y_b}{dx_b^n},$$

liés chacun à une paire d'éléments ds_a, ds_b ayant entre eux un contact d'ordre n, le *degré* et le *poids* devant être nuls tous deux pour l'ensemble du faisceau, et simplement égaux et de signes contraires pour chaque groupe d'éléments ayant même tangente. J'ai également établi que tout invariant du groupe de contact complet s'obtient en majorant d'une unité l'ordre des dérivées figurant dans un invariant ponctuel en même temps que l'ordre du contact des éléments de son siège. Il suit de là qu'un invariant ponctuel ne peut être *étranger* au groupe de contact que par le fait de ses facteurs du

([1]) *Sur les invariants universels* (*Comptes rendus*, t. 115, 1892, p. 793); *Théorie des invariants universels* (*Journal de l'École Polytechnique*, 1898).

premier ou du second ordre correspondant, dans son siège, à des paires de branches non tangentes ou n'ayant qu'un contact du premier ordre.

Cela posé, le groupe Ω, conservant le contact, admet, de ce chef, tous les invariants du groupe de contact complet. L'application des formules (2) lui en assigne d'autres, étrangers à ce groupe et résultant de la substitution (2) dans la plupart des invariants ponctuels contenant des facteurs du premier ou du second ordre. En effet, cette substitution change le facteur du premier ordre $\eta'_a - \eta'_b$ en $x_a - x_b$ qui est d'ordre zéro, et le facteur du second ordre $\eta''_a - \eta''_b$ en $\frac{1}{y''_a} - \frac{1}{y''_b}$ ou $\frac{y''_b - y''_a}{y'_a \times y'_b}$ contenant un facteur monome qui, en général, ne s'éliminera pas dans le produit d'expressions analogues. L'une de ces deux altérations suffirait à rendre l'invariant obtenu étranger, non seulement au groupe de contact complet, mais aussi au groupe ponctuel complet.

En opérant sur les facteurs binomes d'ordre supérieur à deux, les fonctions Ψ sont éliminées par différence, et les fonctions Φ ainsi que le paramètre a par la nullité du degré et du poids du produit, de sorte qu'on retombe sur des invariants communs aux groupes ponctuel et de contact complets.

La seconde phase de l'opération (1), introduisant la ponctuelle arbitraire P, supprime tout invariant étranger au groupe ponctuel complet; elle supprime donc, *ipso facto*, tout invariant étranger au groupe de contact complet.

La transformation résultante Ω, admettant tous les invariants de contact et aucun autre, équivaut donc à la transformation de contact la plus générale, ce qu'il fallait démontrer.

La formule connue qui ramène la transformation d'une transformation à une *composition* de transformations successives donne ainsi, par définition,

$$\Omega = \Pi P_0 \Pi,$$

P_0 étant la ponctuelle à transformer et Π la polarité transformatrice (2).

Les symboles ΠP_0, $P_0 \Pi$ représentent les sous-groupes de contact définis par le changement d'une droite en point et d'un point en droite.

On sait que toute transformation birationnelle est une résultante d'homographies et de biquadratiques. On peut ajouter que ces biquadratiques sont elles-mêmes réductibles à l'*inversion cartésienne*

$$\begin{cases} X = x, \\ Y = \dfrac{b^2}{y}, \end{cases}$$

transformation réciproque à un seul paramètre. Ces deux caractères lui sont communs avec notre polarité II.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une réduction des intégrales abéliennes.* Note [1] de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. E. Goursat.

Soit $F(x, y)$ une fonction rationnelle de x et y, y étant lié à x par la relation $f(x, y) = 0$, où f est un polynome irréductible en x et y de degré n par rapport à y. Soit, en outre, $\theta(x,y)$ une fonction rationnelle quelconque de x et y. Nous allons démontrer la formule de réduction suivante :

$$\int F(x,y)\,dx = \Psi(x,y) + \sum_{k=1}^{m} A_k \log\varphi_k(x) + \int \theta(x,y).R(x)\,dx, \tag{1}$$

$\Psi(x,y)$ étant une fonction rationnelle de x et y, $R(x)$ et les fonctions $\varphi_k(x)$ étant des fonctions rationnelles de x seulement, les A_k des constantes et m un nombre positif entier. Par exemple, on peut choisir θ égal à y ou à $\frac{1}{y}$. Toute intégrale abélienne peut donc être ramenée à une somme de : 1° logarithmes de fonctions rationnelles de x; 2° une fonction rationnelle de x et de la fonction algébrique y considérée; 3° des intégrales abéliennes des types suivants :

$$\int x^{\mu}.\theta(x,y)\,dx, \qquad \int \frac{\theta(x,y)}{(x-a)^{\nu}}\,dx,$$

μ et ν étant des nombres positifs entiers (ou nuls) et a une constante.

En effet, soient $y_1, y_2, \ldots, y_n$ les n branches de la fonction algébrique considérée. Désignons $F(x,y_i)$ par F_i, la somme $F_1 + F_2 + \ldots + F_n$ qui est une fonction rationnelle de x, par q et la différence $F_i - \frac{1}{n}q$ par Ψ_i. L'équation différentielle linéaire en Ω

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & \ldots & 1 \\ \Omega & \Psi_1 & \Psi_2 & \ldots & \Psi_n \\ \Omega' & \Psi'_1 & \Psi'_2 & \ldots & \Psi'_n \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \Omega^{(n-1)} & \Psi_1^{(n-1)} & \Psi_2^{(n-1)} & \ldots & \Psi_n^{(n-1)} \end{vmatrix} = 0 \tag{2}$$

---

[1] Séance du 2 février 1920.

a des solutions particulières $\Psi_1, \Psi_2, \ldots, \Psi_n$ (d'une manière générale nous désignons par $A', A'', \ldots$ les dérivées d'une fonction A de x par rapport à x). En développant par rapport aux éléments de la première colonne, les coefficients deviennent des fonctions rationnelles alternées des racines y_i et en divisant par le coefficient de $\Omega^{(n-1)}$ (ce coefficient n'est pas nul identiquement en supposant que $n-1$ des intégrales Ψ_i soient distinctes), les coefficients deviennent des fonctions *rationnelles de x*. L'équation différentielle est sans second membre, car la somme $\sum_{i=1}^{n} \Psi_i = 0$ est une solution.

Désignons $\theta(x, y_i)$ par θ_i, la somme $\theta_1 + \theta_2 + \ldots + \theta_n$ par p (c'est une fonction rationnelle de x) et la différence $\theta_i - \frac{1}{n} p$ par Φ_i. En remplaçant dans l'équation différentielle (2) Ψ_i par Φ_i nous obtenons (*en supposant $n-1$ des intégrales Φ_i distinctes*) une équation différentielle linéaire (E) d'ordre $n-1$ sans second membre où les coefficients sont des fonctions rationnelles de x. Les deux équations différentielles (2) et (E) ont le même groupe, car tout contour fermé décrit par la variable x qui change une racine y_i en y_k change de même Ψ_i en Ψ_k et Φ_i en Φ_k, car les fonctions rationnelles q et p ne changent pas. Nous avons donc, d'après une proposition bien connue de la théorie des équations différentielles linéaires,

$$\Psi_i = P_0 \Phi_i + P_1 \Phi'_i + P_2 \Phi''_i + \ldots + P_{n-2} \Phi_i^{(n-2)} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

$P_0, P_1, P_2, \ldots, P_{n-2}$ étant des *fonctions rationnelles* de x, car les intégrales Ψ_i et Φ_i sont évidemment régulières. Donc

$$(3) \qquad \int \Psi_i \, dx = \int P_0 \Phi_i \, dx + \int P_1 \Phi'_i \, dx + \int P_2 \Phi''_i \, dx + \ldots + \int P_{n-2} \Phi_i^{(n-2)} \, dx.$$

En intégrant par parties il vient

$$\int P_k \Phi_i^{(k)} \, dx = P_k \Phi_i^{(k-1)} - \int P'_k \Phi_i^{(k-1)} \, dx,$$

d'où nous obtenons en appliquant cette formule k fois

$$\int P_k \Phi_i^{(k)} \, dx = D_k(x, y_i) + \int Q(x) \Phi_i \, dx,$$

D_k étant une fonction rationnelle de x et y_i, et Q une fonction rationnelle de x seulement. Nous obtenons donc de la formule (3)

$$\int \left[F(x, y_i) - \frac{1}{n} q \right] dx = D(x, y_i) + \int \left[\theta(x, y_i) - \frac{1}{n} p \right] R(x) \, dx,$$

D étant une fonction rationnelle de x et y_i et R une fonction rationnelle de x seulement. La formule (1) est donc démontrée.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la glaciation quaternaire de l'Albanie moyenne.* Note de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. H. Douvillé.

La glaciation quaternaire de l'Albanie du Nord a fait l'objet de travaux de la part de MM. Iovan Cvijić et de M. Dedijer. Plus au Sud, aucune trace glaciaire n'était connue.

Au cours de deux ans et demi de recherches dans la partie de l'Albanie administrée par la France, j'ai pu constater que la glaciation quaternaire s'est étendue à toutes les chaînes élevées de l'Albanie, de la vallée du Škumbi, au Nord, à celle de l'Ossum, au Sud, du Tomor d'Albanie, à l'Ouest, à la Macédoine, à l'Est. L'Albanie moyenne était jusqu'ici entièrement inconnue.

Cette région a subi, au cours de l'époque quaternaire, deux glaciations d'âges différents : la première, très importante, comprend surtout des glaciers de plateau, de piedmont et de vallée. Les moraines, dont les éléments sont très altérés, descendent jusqu'à 1100^m; le réseau hydrographique actuel les a profondément entaillées, ainsi que leur cortége de complexes fluvioglaciaires.

Les dépôts glaciaires atteignent une puissance de 50^m à 60^m.

Une seconde glaciation, dont les moraines, beaucoup plus fraîches, s'arrêtent à 1700^m, paraît correspondre aux glaciations *stadiales* des Alpes Suisses.

Voici quels sont les principaux glaciers :

1° Du Nord au Sud, le long de la chaîne centrale NNW-SSE.

Mali Šebenikut (déjà entrevu par Dedijer). — Massif de serpentines dominant au Nord la vallée du Škumbi moyen. Altitude de la plus basse des moraines anciennes, 1450^m; moraines stadiales, 1600^m. Altitude des cirques, 1800^m. Direction du glacier, SE. Il existe une dizaine de lacs dus au surcreusement glaciaire.

Massif du Lenja (altitude 2361^m). — Composé de serpentines et d'un lambeau de Nummulitique. J'ai pu y reconnaître un grand glacier de plateau : le glacier du Kamja situé sur le versant nord (bassin supérieur, 2000^m; moraines les plus basses, 1525^m). Ce glacier se dirigeait du Nord au Sud vers la vallée du haut Škumbi. Une glaciation rayonnante partait, d'autre part, des trois sommets : Guri-Top, cote 2301, cote 2361. Le Lenja est entaillé de très nombreux cirques glaciaires, dont les moraines

stadiales sont très bien conservées (de 2000^m à 1800^m; altitude des grands cirques, 1900^m ; des petits cirques, 2100^m). Un des glaciers de direction NW se réunissait dans la cuvette de Sojnik aux glaciers de l'Ostrovica et du Tomor; entre eux s'élève le *tind* conique du Komjani.

Chaine de l'Ostrovica. — Cette chaîne, dont les sommets neigeux, même l'été, dominent la plaine de Koritza, a une direction NNE-SSW (altitude 2370^m, Flysch et brèches du Crétacé et de l'Éocène inférieur). J'y ai reconnu un grand glacier de plateau, de direction WE, dont les moraines anciennes ont couvert la plaine où s'éleva la ville de Moschopoli; un glacier de vallée NW, le glacier d'Esperey, occupant une partie de la vallée actuelle du Devoli moyen et se réunissant au grand glacier du Tomor et à celui du Lenja.

La crête de l'Ostrovica est très aiguë, entaillée de grands cirques, eux-mêmes sculptés de petits cirques, elle portait à la seconde époque glaciaire des glaciers de type pyrénéen sur ses deux faces E et W (un seul lac glaciaire, altitude du plancher des grands cirques, 1800^m; des petits cirques, 2100^m).

2° Plateau du Grammos (début du Pinde, le long de la frontière gréco-albanaise, massif de serpentine). — Je n'ai reconnu qu'un seul glacier de direction NE sur le versant nord; les cirques sont à 2000^m, les moraines inférieures mal conservées.

3° Tomor. — Le massif du Tomor, constitué par des calcaires crétacés et nummulitiques, est le plus élevé de l'Albanie moyenne. Des cirques grandioses l'entaillent (plancher des cirques principaux à 1800^m). Les glaciers les plus récents étaient de type pyrénéen. Les matériaux morainiques des glaciers de la face E ont couvert plus de 25^{km^2} de terrain.

Outre les moraines, de nombreuses formes témoignent de la glaciation quaternaire : plates-formes glaciaires, moutonnement des crêtes, stries et polis glaciaires, vallées en auges, épaulements, verrous barrant presque toutes les vallées. Lorsque les verrous sont constitués par des calcaires crétacés, ils sont particulièrement élevés et la rivière postglaciaire les traverse par une brèche étroite, grotte effondrée en diaclase élargie; ce sont les brèches (*grüka* en albanais) de la carte française, atteignant 200^m de hauteur pour une largeur de quelques mètres.

Sur les plateaux calcaires crétacés dont le type est le Mali Șate (alt. 2300^m) qui sépare le lac de Prespa de celui d'Ohrida, l'érosion karstique a effacé toute trace de glaciation. Les plus fins matériaux morainiques ont été entraînés fort loin par les torrents; ils couvrent des surfaces énormes, permettant l'établissement de belles forêts sur des terrains stériles comme la serpentine et le calcaire crétacé, puis de cultures. Ils offrent le plus grand intérêt au point de vue de la géographie humaine.

SPECTROSCOPIE. — *Sur quelques nouveaux spectres d'étincelle dans l'ultraviolet extrême.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Nous avons décrit récemment ([1]) un spectrographe à prisme de fluorine du type Broca-Pellin avec lequel nous avons pu faire des mesures de longueur d'onde dans l'ultraviolet extrême. Les premiers spectres étudiés ont été les spectres d'étincelle condensée jaillissant entre électrodes métalliques dans l'hydrogène à la pression atmosphérique. Nos mesures, qui commencent vers la longueur d'onde 1854,8 U.A. (dernière raie du triplet de l'aluminium), se raccordent à celles que nous avons publiées ([2]) pour la partie moins réfrangible du spectre. Du côté des petites longueurs d'onde, nos nombres s'arrêtent actuellement à la région $\lambda = 1550$, bien qu'on observe sur plusieurs de nos clichés des raies intenses jusque vers 1400. Nous espérons donner bientôt des résultats plus complets.

Voici les longueurs d'onde de quelques spectres typiques, exprimées en unités internationales et rapportées au vide. Pour les raisons qui ont été signalées, la précision ne dépasse pas 0,5 U. A.

I. *Cadmium.* — Le spectre d'étincelle du cadmium a été mesuré par Saunders ([3]) jusqu'à $\lambda = 1707,4$. Nous avons obtenu un spectre d'étincelle s'étendant jusque vers 1500 et mesuré les raies de ce spectre jusqu'à la longueur d'onde 1600 ([4]). Outre les raies bien visibles, qui figurent dans le Tableau ci-dessous, nos clichés présentent un certain nombre de raies faibles, dont le pointé est peu précis, et qui ont été pour l'instant supprimées de la liste. Le métal utilisé est soit du cadmium pur, dont on superpose le spectre à celui de l'aluminium ou de l'hydrogène, soit un amalgame de cadmium à 75 pour 100 de mercure environ.

Cadmium.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
4.	1844,9	{3.	1773,1	3.	1721,7	{2.	1656,1	{3.	1606,7
{3.	1793,3	{3.	1768,8	4.	1707,2	{2.	1652,3	{3.	1601,5
{3.	1789,0	5.	1747,7	3.	1678,7	3.	1628,5		

([1]) L. et E. Bloch, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 226.

([2]) L. et E. Bloch, *Journal de Physique*, t. 4, 1914, p. 622.

([3]) *Astroph. Journ.*, t. 43, 1916, p. 234.

([4]) Le spectre d'arc du cadmium, qui diffère beaucoup du spectre d'étincelle, a été observé par Wolff jusqu'à $\lambda = 1423,6$ et par Mac Lennan, Ainslie et Fuller jusqu'à 1526,5.

II. *Bismuth.* — Le spectre du bismuth dans la région de Schumann n'a donné lieu jusqu'ici à aucune mesure. Le Tableau suivant contient les longueurs d'onde mesurées jusque vers 1550. Nous y avons ajouté à titre d'indication quelques raies *extrapolées* dont les longueurs d'onde sont évaluées par défaut. Le spectre du bismuth comporte encore des raies plus lointaines.

Bismuth.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
4.....	1823,5	3.....	1682,2	2.....	1564,0
2.....	1811,1	2.....	1671,0	2.....	1553,3
1.....	1796,2	3.....	1611,4	Extrap.	
4.....	1791,8	1.....	1609,6	2.....	1538,5
4.....	1787,0	3.....	1606,3	1.....	1537,3
4.....	1776,7	2.....	1601,4	4.....	1533,7
2.....	1757,9	2.....	1591,7	1.....	1521,2
1.....	1749,7	2.....	1573,9	1.....	1503,5

III. *Nickel.* — Le spectre d'étincelle du nickel est très riche en raies dans l'ultraviolet extrême. Les mesures de Mac Lennan, Ainslie et Füller (¹) (spectres d'arc) montrent que, jusqu'à 1650, il y a une grande similitude entre le spectre d'arc et le spectre d'étincelle.

Nickel.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
2.....	1848,5	3.....	1751,9	2.....	1656,5
2.....	1829,4	3.....	1746,9	3.....	1652,8
2.....	1822,7	2.....	1741,2	1.....	1649,7
1.....	1819,0	2.....	1738,0	1.....	1628,3
2.....	1810,9	1.....	1732,9	2.....	1625,7
1.....	1806,7	1.....	1730,1	1.....	1623,7
1.....	1804,2	2.....	1724,3	1.....	1622,0
1.....	1800,5	2.....	1722,3	1.....	1619,9
1.....	1797,6	3.....	1719,5	2.....	1616,7
1.....	1794,0	2.....	1715,2	1.....	1614,2
2.....	1790,8	2.....	1709,8	1.....	1592,6
2.....	1787,5	2.....	1707,3	1.....	1587,8
1.....	1784,4	1.....	1704,3	2.....	1560,7
1.....	1781,7	1.....	1701,6	1.....	1557,2
1.....	1779,2	1.....	1698,5	2.....	1543,5
2.....	1775,8	3.....	1692,7	Extrap.	
3.....	1769,3	2.....	1688,0	1.....	1539,0
2.....	1767,2	1.....	1672,7	1.....	1537,2
2.....	1763,8	1.....	1666,1	2.....	1534,8
1.....	1759,5	1.....	1661,9	1.....	1532,5

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1919, p. 317.

IV. *Argent.* — Le spectre d'étincelle de l'argent a été mesuré par Handke (¹) jusqu'à 1674,5. Nous avons retrouvé la plupart des raies intenses de Handke et prolongé le spectre de l'argent jusque vers 1500. Un certain nombre de raies de Handke manquent sur nos clichés et peuvent être rapportées à des impuretés.

Argent.

Int.	λ.	Int.	λ.	Int.	λ.
2.....	1848,2	1.....	1678,5	3.....	1579,0
2.....	1843,2	1.....	1674,9	2.....	1576,7
2.....	1839,2	5.....	1657,4	1.....	1572,4
1.....	1835,1	1.....	1654,6	1.....	1569,7
1.....	1832,3	2.....	1651,5	4.....	1566,3
2.....	1828,1	2.....	1644,0	3.....	1561,7
1.....	1822,2	2.....	1639,6	2.....	1558,4
2.....	1815,4	2.....	1627,7	2.....	1555,2
2.....	1807,5	2.....	1625,0	1.....	1545,2
1.....	1805,0	1.....	1622,5	2.....	1541,8
2.....	1801,4	1.....	1619,5	1.....	1535,7
2.....	1793,1	1.....	1602,9	1.....	1532,3
4.....	1750,6	1.....	1599,1	3.....	1526,4
1.....	1746,7	1.....	1597,7	1.....	1523,5
1.....	1742,6	2.....	1594,7	2.....	1516,7
2.....	1709,0	1.....	1593,1	2.....	1515,8
2.....	1706,1	2.....	1591,9	2.....	1508,7
2.....	1704,4	1.....	1589,8	2.....	1505,5
3.....	1693,4	2.....	1588,0	1.....	1496,6
2.....	1681,2	2.....	1585,7		

Le spectre du nickel et celui de l'argent comportent en outre un doublet très intense, dont les longueurs d'onde mesurées sont les suivantes :

Nickel.		*Argent.*	
Int.	λ.	Int.	λ.
3..........	1550,7	4..........	1551,3
4..........	1548,2	5..........	1548,7

et qui semble identique au doublet d'origine inconnue 1550,8-1548,2 signalé par Lyman (²).

(¹) HANDKE, *Dissert. Berlin*, 1909.

(²) *The Spectroscopy of the extreme ultraviolet*, p. 124.

RAYONNEMENT. — *Nouvelles observations sur le phénomène catathermique.* Note de M. **J.-A. Le Bel**, présentée par M. L. Maquenne.

J'ai décrit dans ce Recueil [1] un détecteur catathermique formé par une masse d'alumine dorée chauffée à 1000°; cet appareil a l'avantage de convertir directement en calories l'apport catathermique des murs, qui se traduit par 3° de différence entre le calorimètre à alumine dorée et celui qui renferme la résistance refroidie : différence qui correspond à 5 watts environ. Ce chiffre énorme était dû, par suite du manque de charbon, à l'absence complète de feu dans les maisons voisines, entraînant une forte déperdition de chaleur dans les deux murs mitoyens. Il était évident *a priori* que si l'on avait disposé 100 appareils dans ce local les murs n'auraient pas fourni 500 watts (plus d'un demi-cheval vapeur), mais l'expérience seule pouvait indiquer s'il reste de l'énergie disponible et combien.

Comme aujourd'hui les appartements voisins sont chauffés irrégulièrement, la déperdition de chaleur dans les murs change perpétuellement de quantité et de sens, ce qui fait, conformément à la théorie, que le phénomène est irrégulier et quelquefois même négatif; j'ai donc dû opérer pendant la saison chaude, et pour produire dans les murs une déperdition suffisante, j'ai allumé dans la salle un fort poêle à gaz qui a produit un excédent d'au moins 10° sur l'ambiance extérieure.

Dans ces conditions, la différence entre les deux calorimètres était de 1°,6; à égale distance de chacun d'eux, on en a alors placé un troisième, muni également d'alumine dorée, isolée de la même manière et chauffée aussi à 1000°. L'effet a été immédiat et la température du premier a baissé jusqu'à ce que son excédent se soit réduit de moitié, et même un peu plus, parce que la nouvelle alumine dorée était comme d'habitude un peu plus active que l'ancienne : je m'attendais bien à une diminution, mais nullement à un effet si complet. Cette observation prouve que le premier détecteur n'avait laissé aucun rayon disponible dans la salle et que le second n'a pu fonctionner qu'en lui empruntant la moitié de ceux qu'il utilisait. Pour prouver que l'état de la salle n'avait pas changé pendant l'expérience, j'ai supprimé le nouveau détecteur et constaté que l'ancien reprenait exactement son activité première. Enfin j'ai répété l'expérience

---

[1] *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 1047.

dans une petite pièce attenant au mur de meulière; elle a fourni exactement les mêmes résultats.

Ceci explique qu'on ne gagne pas de calories en agrandissant l'appareil, puisque celui de 80^{cm^3} prend déjà toutes celles qui sont d'origine catathermique. Une autre conséquence, plus intéressante encore, résulte de là : d'après la théorie de Tissot, chaque étoile lumineuse agit à la fois comme le poêle, en fournissant de l'énergie sous forme de rayons, et comme le détecteur à 1000°, en récupérant les rayons catathermiques, ce qui lui permet de rester en équilibre de température avec le monde cosmique. Si cet ensemble d'étoiles restait immobile, l'équilibre en question serait parfait, mais tous les astres visibles bougent et le Soleil s'avance de 12 rayons de l'orbite terrestre vers la constellation d'Hercule, si bien qu'en 100000 ans il dépasserait les étoiles les plus rapprochées. Or, puisque le Soleil agit aussi comme détecteur, il partagera avec l'étoile dont il se rapproche les rayons catathermiques célestes; suivant la grandeur des deux astres et leur constitution physique, l'un des deux sera avantagé et il y aura une période de chaleur sur les planètes qui l'entourent; l'autre se refroidira et des glaciations auront lieu sur les planètes qui en dépendent : ce sera en général le cas pour notre Soleil qui est plus petit que les étoiles voisines.

Nous avons donc acquis une nouvelle théorie des glaciations, et elle se vérifie par ceci que les glaciations quaternaires se succèdent après des périodes évaluées à 250000 et 100000 années, puis après des intervalles moindres correspondant à des refroidissements moins intenses; or les chiffres ci-dessus coïncident d'une façon satisfaisante avec le temps que mettrait le Soleil à rejoindre les astres voisins.

Si l'étoile dont le Soleil se rapproche n'est pas lumineuse, le noyau intérieur pourra néanmoins être chaud s'il est protégé comme celui de la Terre par une croûte isolante. Cette étoile agira exactement comme notre détecteur à 1000°, absorbant les rayons catathermiques sans en fournir sensiblement, et, si elle est animée d'une grande vitesse comme les *novæ*, lorsqu'elle entrera dans un endroit du ciel où le phénomène catathermique est intense, elle luira subitement, et cela durera jusqu'à ce qu'elle ait quitté cette région.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'alcools tertiaires α-cétoniques : rectification relative à la constitution de corps précédemment décrits.* Note de M. D. GAUTHIER, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences, en 1911 [1], nous avons indiqué que la réaction d'un organo-magnésien R_3MgX sur un oxy-nitrile de la forme $\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>COH - CAz$ (cyanhydrine de cétone) permettait d'obtenir un alcool tertiaire α-cétonique

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>COH - CO - R^3.$$

Depuis la publication de cette Note, nous avons dû reconnaître que si la réaction précédente est susceptible d'engendrer l'oxycétone

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>COH - CO - R^3,$$

elle provoque surtout la formation de l'alcool tertiaire $\begin{matrix}R_1\\R_2\\R_3\end{matrix}\!\!-COH$, lequel résulte de l'action exercée par R_3MgX sur la cétone $R_1 - CO - R_2$, provenant elle-même de la dissociation de sa cyanhydrine.

Aussi, nous sommes-nous mépris quand nous avons cru voir dans trois corps obtenus de la sorte et mentionnés dans notre Note les oxycétones

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>COH - CO - CH^3$$

et

$$\left\{\begin{matrix}\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>COH - CO - C^2H^5\\ \begin{matrix}CH^3\\C^2H^5\end{matrix}\!\!>COH - CO - CH^3.\end{matrix}\right.$$

Ces corps étaient, en réalité, du triméthylcarbinol et du diméthyl-éthylcarbinol.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1259.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'eau sur le chlorosulfonate de méthyle*. Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le chlorosulfonate de méthyle est un liquide non miscible avec l'eau, et cet éther peut être agité avec de l'eau glacée sans être notablement altéré; on peut même profiter de cette inertie relative dans sa purification ou d'une manière plus générale pour l'isoler de ses mélanges avec d'autres liquides solubles dans l'eau ou décomposables par elle.

Cette inertie n'est cependant qu'apparente et dépend de la température, de la durée et du mode de contact. Le mode de décomposition dépend essentiellement des proportions relatives d'eau et d'éther. Nous avons étudié en particulier les deux cas extrêmes : celui d'une petite quantité d'eau qui intéresse le séjour prolongé de l'éther dans un récipient humide et celui d'un grand excès d'eau qui rappelle l'action sur les muqueuses d'une petite quantité de ce corps véhiculé par l'atmosphère. Nous avons étudié d'une part l'action sur une molécule d'éther d'un grand nombre de molécules d'eau variant de 50 à 1000 et d'autre part d'un petit nombre 2 à 5.

Il est superflu de dire que le mode opératoire varie lorsqu'on passe d'un cas à l'autre ; ce n'est pas le lieu de le décrire ici et il ne peut non plus être question de reproduire les graphiques très instructifs qui permettent d'interpréter les résultats analytiques.

L'action de l'eau est complexe et paraît réglée par les réactions suivantes :

$$(1)\qquad SO^2Cl(OCH^3) + 2\,H^2O = SO^4H^2 + HCl + CH^3OH,$$

$$(2)\qquad SO^2Cl(OCH^3) + H^2O = SO^4H^2 + CH^3Cl,$$

$$(3)\qquad SO^2Cl(OCH^3) + H^2O = SO^2(OH)(OCH^3) + HCl,$$

valables pour le cas d'un grand excès d'eau auxquelles il faut adjoindre pour le cas opposé les suivantes :

$$(4)\qquad HCl + CH^3OH = CH^3Cl + H^2O,$$

$$(5)\qquad SO^2(OH)OCH^3 + CH^3OH = SO^4H^2 + (CH^3)^2O.$$

Pour le cas d'un grand excès d'eau les mesures permettent de reconnaître, lorsque le liquide est homogène et le phénomène terminé, les nombres x,

y et z de molécules de chlorosulfonate qui ont subi les trois premières réactions.

On constate que pour ce cas la valeur de z est assez faible et à peu près indépendante de la quantité d'eau; corrélativement la quantité de sulfate acide de méthyle en fin d'expérience est assez faible et constante.

Comme conséquence évidente, la somme $x + y$ est indépendante de la quantité d'eau et voisine de 1, si $x + y + z = 1$. Ce qui varie notablement c'est le rapport de x à y. L'importance de y, c'est-à-dire l'importance du dégagement gazeux de chlorure de méthyle, croît régulièrement à mesure que la proportion d'eau diminue. Pour fixer les idées nous indiquerons seulement les valeurs de x, y et z lorsqu'on fait agir respectivement 1000 ou 100 molécules d'eau sur une molécule d'éther.

$$x = 0{,}87, \quad y = 0{,}06, \quad z = 0{,}07,$$
$$x = 0{,}64, \quad y = 0{,}28, \quad z = 0{,}08.$$

Les formules écrites plus haut montrent la production d'acides sulfurique et chlorhydrique au cours des réactions.

La diminution relative de l'eau revient à augmenter leur concentration. Est-ce cette influence qui provoque l'accroissement de gaz?

En incorporant au chlorosulfonate, avant de le soumettre à l'action de l'eau, des quantités variables et croissantes de chlorhydrine sulfurique, il est aisé de comprendre qu'on crée les circonstances les plus favorables pour répondre à cette question.

L'expérience prouve que cette addition de chlorhydrine a pour effet d'augmenter la proportion du gaz chlorure de méthyle comme le ferait la diminution relative de l'eau.

Il ne faudrait pas cependant en conclure que, dans ces conditions, le gaz doit son origine à la réaction d'éthérification (4) et que la réaction (2) ne peut jouer directement : l'action des alcalis dilués est, en effet, très instructive à cet égard.

Lorsqu'on traite de petites quantités de chlorosulfonate de méthyle par un excès connu d'alcali dilué, la réaction est unilatérale représentée par la formule

$$SO^2Cl(OCH^3) + 3KOH = SO^4K^2 + KCl + CH^3OH + H^2O,$$

et est employée pour cette raison au dosage de l'éther. Mais si la concentration de l'alcali augmente ou si la proportion d'éther s'élève, cette réaction est accompagnée d'une autre dont l'importance croît progressivement

et qui se manifeste par un dégagement gazeux de chlorure de méthyle

$$SO^2Cl(OCH^3) + 2KOH = SO^4K^2 + CH^3Cl + H^2O.$$

Si l'on envisage le cas limite où l'on emploie peu d'eau (5^{mol} et même 2^{mol} pour 1^{mol} d'éther), on assiste à un renversement de l'importance des valeurs de x et de y qui se traduit par un abondant dégagement de chlorure de méthyle ($0^{mol},8$ ou $0^{mol},7$ pour 1^{mol} de chlorosulfonate) qui permet de le recueillir, de l'analyser et de le mesurer.

L'étude détaillée du phénomène permet de constater pour cette production gazeuse un maximum d'ailleurs peu accentué pour un nombre de molécules d'eau compris entre 2 et 5. En outre, il est alors manifeste que la production du gaz est due en partie à l'éthérification (4) accentuée comme importance et comme vitesse par la concentration croissante des acides minéraux libérés; l'équilibre ne se trouve pas atteint lorsque le liquide est devenu homogène; la réaction (4) lente à la température ordinaire est inachevée et la réaction (5) entre à son tour en jeu.

Le mécanisme de cette action complexe de l'eau sur le chlorosulfonate de méthyle est donc le suivant :

1° Le phénomène primaire est celui qui engendre le sulfate acide de méthyle (formule 3). Behrend l'avait soupçonné (1877); nous l'avons démontré en isolant et analysant les méthylsulfates de sodium et de baryum.

2° Le sulfate acide de méthyle est à son tour décomposé par l'excès d'eau en acide sulfurique et alcool méthylique; cette décomposition est limitée par la réaction inverse, mais *pour un grand excès d'eau* la proportion qui subsiste de sulfate acide de méthyle est faible et indépendante de la quantité d'eau.

En même temps apparaît un autre mode de décomposition (formule 2) qui s'exagère à mesure que la concentration en acides s'élève.

3° Lorsque la proportion d'eau diminue beaucoup, la concentration des acides devenant importante, l'éthérification de l'alcool méthylique libéré prend une importance prépondérante et il en résulte une production synthétique de plus en plus accentuée du chlorure de méthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation catalytique des éthers-oxydes.* Note (¹) de MM. **A. Mailhe** et **F. de Godon**, transmise par M. Paul Sabatier.

La déshydratation des alcools, au contact de certains oxydes catalyseurs, tels que la thorine ou l'alumine, conduit au carbure éthylénique correspondant. M. Senderens a montré cependant que l'alumine peut donner un éther-oxyde, et il a préparé par cette voie les oxydes de méthyle, d'éthyle et de propyle.

Dans un travail publié récemment (²), nous avons montré que l'alun calciné constituait un excellent catalyseur de déshydratation pour l'alcool ordinaire qui est transformé en oxyde d'éthyle avec un rendement de 71 pour 100. L'étude de cette réaction a été faite en faisant varier la masse du catalyseur, la vitesse de passage de l'alcool, la température et la richesse alcoolique du produit à transformer. Nous avons pu préparer l'éther ordinaire à l'aide d'alcools faibles marquant 55°-60°.

Nous avons cherché à préparer, à l'aide de ce catalyseur, les éthers-oxydes des alcools supérieurs au second terme, ainsi que les éthers mixtes de deux alcools différents.

1° *Oxyde de propyle.* — 100$^{cm^3}$ d'alcool propylique ont été catalysés sur 170^g d'alun calciné, à la température de 185°. Nous avons obtenu 94$^{cm^3}$ de liquide dans lequel l'eau s'est séparée. Après traitement au sodium pour détruire le propanol non transformé, ce liquide a fourni à la distillation 50$^{cm^3}$ d'oxyde de propyle $(CH^3CH^2CH^2)^2O$, bouillant à 90°-91°, soit un rendement de 54,3 pour 100. Avec l'alumine, M. Senderens avait obtenu 30 pour 100 d'éther.

La réaction s'est effectuée à 185°, avec un très faible dégagement de propylène, et nous n'avons pas constaté d'aldéhyde dans les produits de la réaction. Par contre, en poussant la température jusqu'à 190°, la formation de propylène est devenue importante.

2° *Oxyde d'isopropyle.* — La déshydratation catalytique de l'alcool propylique secondaire présentait de grandes difficultés, en raison de la facilité avec laquelle les alcools secondaires se scindent en eau et carbure éthylénique, au contact des catalyseurs déshydratants. Nous avons tenté cependant de préparer l'éther-oxyde de l'alcool isopropylique, en conduisant la catalyse à basse température, entre 150° et 160°. Dans ces conditions nous n'avons pas évité la décomposition de la majeure partie de

(¹) Séance du 2 février 1920.

(²) A. Mailhe et F. de Godon, *Préparation catalytique par voie sèche de l'éther ordinaire* (*Bull. Soc. Chim.*, t. 25, 1919, p. 565).

l'alcool en eau et propylène, mais nous avons obtenu également l'oxyde d'isopropyle, $(CH^3)^2CH.O.CH(CH^3)^2$, bouillant à 59°, avec un rendement qui a atteint à peine 10 pour 100.

3° *Oxyde d'isoamyle.* — La décomposition catalytique de l'alcool amylique ordinaire s'est effectuée d'une manière assez régulière. 70^{cm^3} d'alcool ont été catalysés sur 45^g d'alun calciné. Nous avons recueilli 70^{cm^3} de liquide, d'où il s'est séparé immédiatement 8^{cm^3} d'eau. Après enlèvement de l'amylène (24^{cm^3}) et de l'alcool non transformé, le liquide a fourni à la rectification 18^{cm^3} d'oxyde d'isoamyle, $[(CH^3)^2CH.CH^2CH^2]^2O$, bouillant à 171°, soit un rendement de 28 pour 100 de la quantité théorique.

4° *Oxyde mixte de méthyle et d'éthyle.* — Lorsqu'on oppose molécules égales de méthanol et d'alcool ordinaire à l'action du catalyseur, chauffé à 185°, on obtient formation des trois éthers-oxydes. D'abord, l'oxyde de méthyle, qui se dégage et se solubilise dans l'eau qui l'abandonne quand on la chauffe. Ensuite, par distillation au Chenard, nous avons recueilli 8^{cm^3} d'éther mixte, $CH^3.O.C^2H^5$, bouillant de 10° à 15°; nous avons constaté qu'il est très soluble dans l'eau ; une partie a dû, par conséquent, se dissoudre dans l'eau du cristallisoir où se faisait le dégagement gazeux. Enfin, il s'est formé également une notable proportion d'oxyde d'éthyle.

5° *Oxyde mixte de méthyle et de propyle.* — Un mélange d'alcool méthylique et d'alcool propylique en quantités sensiblement équimoléculaires, soit 20^{cm^3} du premier et 40^{cm^3} du second, a été dirigé en vapeurs sur l'alun calciné à 180°. Il s'est formé de l'oxyde de méthyle, 6^{cm^3} d'oxyde de méthyl-propyle, $CH^3OC^3H^7$, bouillant à 39° et 20^{cm^3} d'oxyde de propyle, bouillant à 90°.

6° *Oxyde mixte de méthyle et d'isoamyle.* — Un mélange de 26^{cm^3} de méthanol et de 44^{cm^3} d'isoamylalcool a fourni, après catalyse sur l'alun, 60^{cm^3} d'un mélange composé de :

	cm³
Eau	17
Amylène	11
Alcools non transformés	15
Oxyde de méthyl-isoamyle	14
Oxyde d'isoamyle	3

7° *Oxyde mixte d'éthyle et de propyle.* — 70^{cm^3} d'un mélange à parties équimoléculaires d'éthanol et de propanol ont fourni, après catalyse, un liquide non homogène, d'où l'eau s'est séparée en majeure partie. Après traitement convenable, nous avons isolé :

	cm³
Oxyde d'éthyle	3
» d'éthyle propyle	27
» de propyle	4

ce qui donne un rendement de 38,7 pour 100 en oxyde mixte, bouillant à 63°-64°.

8° *Oxyde mixte d'éthyle et d'isobutyle.* — Comme en présence de l'alcool méthylique, l'alcool isoamylique a fourni avec l'éthanol une dose importante d'éther-oxyde

mixte. 70^{cm^3} du mélange équimoléculaire des deux alcools ont donné 67^{cm^3} de liquide d'où l'on a séparé 18^{cm^3} d'éther mixte $C^2H^5O.C^5H^{11}$ bouillant à 110°-111°, à côté d'éther ordinaire (24^{cm^3}) et d'éther amylique (5^{cm^3}).

On voit que par catalyse directe par voie sèche sur l'alun calciné, à basse température, il est possible de préparer les éthers-oxydes des divers alcools aliphatiques et les éthers-oxydes mixtes de ces alcools. Nous avons obtenu, en outre de ceux qui sont décrits, les oxydes mixtes de propyle isobutyle, de propyle isoamyle, d'isobutyle isoamyle. Sauf pour les oxydes d'éthyle et de propyle qui avaient été obtenus avec des rendements inférieurs aux nôtres, c'est la première fois que l'on arrive, à l'aide d'une méthode catalytique par voie sèche, à la préparation des éthers-oxydes que nous avons signalés.

PALÉOBOTANIQUE. — *Succession normale des flores houillères dans le bassin houiller du Gard.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Pierre Termier.

MM. Pierre Termier et Georges Friedel ont fait connaître récemment dans ses grandes lignes la structure du bassin houiller du Gard, telle qu'elle résulte de leurs premiers travaux (¹). Sous la direction de ces deux maîtres, j'ai commencé, en octobre 1918, la révision des espèces houillères et de leur distribution verticale, indispensable pour étayer les conclusions stratigraphiques. Mes recherches ont été grandement facilitées par le concours empressé que j'ai trouvé auprès de MM. les Directeurs et Ingénieurs des Compagnies concessionnaires des mines de la Grand'Combe, de Bessèges, de Gagnières, de Rochebelle et de Trélys. La collaboration de M. G. Livet, chargé des études géologiques aux mines de la Crand'Combe, a été pour moi très précieuse.

Il est possible de dresser dès maintenant un Tableau des principales zones végétales dans leur ordre chronologique. Entre ce Tableau et la classification proposée par Grand'Eury, en 1890 (²), il y a deux différences essentielles : 1° Grand'Eury considérait l'étage stérile et les couches du Feljas comme formant la base du terrain houiller du Gard, alors qu'ils sont

(¹) Voir P. Termier et G. Friedel, *Sur la structure du bassin houiller du Gard* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 752).

(²) C. Grand'Eury, *Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard*, Saint-Étienne, 1890.

	Étages et séries de couches.	Caractères paléontologiques.
7.	**Série de Champclauson**	FLORE DE SAINT-ÉTIENNE.
6.	**Série de la Grand'Combe** comprenant à la base le système de Grand'Baume.	FLORE DE SAINT-ÉTIENNE, mais avec Sigillaires cannelées encore nombreuses, au moins à la base.
5.	**Étage stérile Feljas-Ricard** (700^m). **Couches du Feljas et de Ricard** (sous l'étage stérile). = couches maigres de Gagnières, = couches du Pradel.	FLORE DE SAINT-ETIENNE. *Cordaites lingulatus* Gr. E., commun. *Pecopteris arborescens* Schloth., très commun. *Dicranophyllum*, présents. Persistance des Sigillaires cannelées.
4.	**Série supérieure de Saint-Jean-de-Valériscle** (Couche Pommier à couche supérieure) (310^m). = couches supérieures de Bessèges.	DÉBUT DE LA FLORE DE SAINT-ÉTIENNE. *Alethopteris Grandini* Br., commun. *Cordaites lingulatus* Gr. E., présent. EXTINCTION DE LA FLORE DE RIVE-DE-GIER. Dernières apparitions de *P. lamurensis*.
3.	**Série inférieure de Saint-Jean** (Couches Saint-Alfred à Saint-Hubert). **Série supérieure de Molières** (Couches XI à Saint-Alfred) (plus de 1000^m d'épaisseur). = couches inférieures de Bessèges, = couches de la Montagne Sainte-Barbe.	FLORE DE RIVE-DE-GIER. Zone à *Pecopteris lamurensis* et à *Leaia cf. Bäntschiana* Geinitz. Sigillaires cannelées, très fréquentes. Extinction de *Mixoneura flexuosa*.
2.	**Série inférieure de Molières** (Couches I à XI). = couches grasses de Gagnières. (300^m environ.)	Zone à *Mixoneura flexuosa* Sternb. *P. lamurensis*, fréquent au moins à la partie supérieure. Persistance de l'*Estheria cebennensis*.
1.	**Étage stérile de Gagnières** Schistes fissiles très fins et grès fins (600^m au moins).	Zone à *Mixoneura flexuosa* Sternb. et à *Estheria cebennensis* Gr. E. Espèces de Rive-de-Gier, sans *P. lamurensis* (?).

équivalents à l'étage stérile et aux couches de Ricard, comme l'a admis J.-B. Marsaut (1914); 2° Grand'Eury considérait les couches grasses et l'étage stérile de Gagnières comme plus récents que les couches supérieures de Bessèges et de Saint-Jean-de-Valériscle, ce qui est inexact : l'étage stérile de Gagnières constitue en réalité la partie la plus ancienne du terrain houiller du Gard.

Sur cet étage stérile, les couches de Gagnières (grasses), Molières, Saint-Jean-de-Valériscle, reposent en parfaite continuité, bien que l'ensemble soit charrié sur Bessèges. Cette continuité a permis d'établir les quatre divisions inférieures du Tableau ci-contre. Les terrains correspondant aux trois divisions supérieures forment une autre série continue, près de la Grand'Combe. Chronologiquement, les couches du Feljas et de Ricard (équivalentes à celles du Pradel) font suite aux couches supérieures de Saint-Jean, mais elles ne leur sont point superposées; elles reposent directement sur les micaschistes ([1]).

Autres résultats acquis. — 1. Les couches supérieures de Bessèges sont certainement équivalentes aux couches supérieures de Saint-Jean-de-Valériscle, comme Grand'Eury l'avait annoncé. La réapparition de niveaux à *Pecopteris lamurensis* (*P. lamuriana* Heer), au milieu des niveaux à *A. Grandini* et à *Cord. lingulatus*, caractérise cette zone.

2. Les trois faisceaux de Fontanes-Cendras-Rochebelle font partie de la zone à *P. lamurensis*. Il en est de même de la série de la colline de Sainte-Barbe, et des couches 1 à 5 de Créal, situées sous l'étage stérile de Gagnières. Dans la région de Molières-Saint-Jean, la zone à *P. lamurensis* atteint 1000^{m} d'épaisseur, sans que nous ayons pu jusqu'ici saisir de différences floristiques nettes entre le haut et le bas; les transformations de la flore sont donc excessivement lentes.

3. Le faisceau de Rive-de-Gier, dans le bassin de la Loire, appartient à la zone à *P. lamurensis;* la présence, dans le bassin du Gard, d'une zone plus ancienne, caractérisée par l'extraordinaire abondance du *Mixoneura flexuosa* Sternb. est très importante.

4. D'après les déterminations de M. Pierre Pruvost, l'*Estheria cebennensis* Gr. E., très abondante à la partie inférieure du bassin du Gard, se trouve également en masse au toit de la Grande Couche de La Mure (Isère).

([1]) P. Termier et G. Friedel, *loc. cit.*, p. 755.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les halos extraordinaires.*
Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

On voit parfois, autour du Soleil ou de la Lune, des halos circulaires analogues à ceux de 22° et de 46°, mais d'un rayon différent. Au nombre de 7 ou 8 à l'époque de Bravais, ces observations sont devenues plus fréquentes depuis une trentaine d'années. On en possède maintenant 26 au moins.

Elles offrent un intérêt particulier en ce qu'elles peuvent conduire à la connaissance de la forme primitive de la glace, dont la détermination directe fait encore défaut.

Pour le moment, notre but est de chercher à combien de halos différents elles paraissent se rapporter et quel est le rayon de chacun de ceux-ci.

Voici les observations ([1]) que nous avons pu recueillir :

1. Scheiner, 1629, halo de 25° à 28° (cette observation et les quatre suivantes sont citées d'après Bravais, *Mémoire sur les halos*, p. 139 et 140). — 2. Greshow, 1747, arc latéral d'un halo de 26°. — 3. Whiston, petit arc d'un halo de 29°. — 4. Feuillée, halo de 36°. — 5. Burney, 1831, halo de 20°. — 6. Heiden, 1839, halo de 14° 12′, réduit d'abord à ses parties latérales (cette observation et la suivante sont citées d'après Pernter, *Meteor. Optik*, p. 263). — 7. Heiden, 1840, halo de 16°. — 8. Schmidt, 1853, halo de 35°, *Veröffent. des K. Preuss. meteor. Instituts*, n° 243, Tafel I. — 9. Rankin, 1887, halo de 17° 54′ (rayon du rouge), *Proceedings of the R. Society of Edinburgh*, vol. 14, p. 314. — 10. Backhouse, 1890, halo de 8° 30′, *Publications of West Hendon House Observatory*, n° 4, Sunderland, 1915, p. 137. — 11 Van Buijsen, 1892, halo de 9° 30′, *Kön. Nederlandsch meteor. Instituut*, *Onweders in Nederland*, Deel 13, p. 60. — 12. Arctowski, 1898, halo de 8°, *Résultats du voyage du S. Y. Belgica*, *Phén. optiques*, p. 32. — 13. Hissink, 1899, halos de 7° 30′, 17° 30′ et 19° 30′, *Onweders*, Deel 20, p. 57. — 14. Hissink, 1899, halos de 9° et de 19° (arcs latéraux), *Onweders*, Deel 20, p. 63. — 15. Besson et Dutheil, 1900, halo de 17°, *Annales de l'Observatoire municipal de Montsouris*, t. 1, p. 293. — 16. Rey, 1904, halo de 33° environ, *Expédition antarctique française* 1903-190 , *Hydrographie*, *Phy-*

([1]) Nous laissons de côté, comme n'étant pas des phénomènes du même ordre, les halos d'un rayon voisin de 90° et ceux qui présentaient une forme elliptique.

sique du globe, p. 463. — 17. HISSINK, 1905, arc latéral d'un halo de 18° et halo de 19° 30′, *Onweders*, Deel 26, p. 81. — 18. BESSON, 1905, tache irisée à 28° au-dessus du Soleil, *Ann. de l'Obs. de Montsouris*, t. 6, p. 466. — 19. KRCMAR, 1906, halo de 18°, *Meteor. Zeitschrift*, februar 1907, p. 87. — 20. RUSSELL, 1907, halo de 10°, *Symons's month. meteor. Magazine*, march 1907. — 21. DUTHEIL, 1911, halo de 24°, *Ann. de l'Obs. de Montsouris*, t. 12, p. 236. — 22. BESSON et DUTHEIL, 1911, halo parfois réduit à son sommet, rayon 9° 3′ (moyenne de cinq mesures) et petit arc latéral d'un halo de 18° 26′, *Ibid.*, p. 238. — 23. DANGERFIELD, 1914, arcs latéraux d'un halo blanchâtre de 66° avec paranthélies, *Monthly Weather Review*, vol. 42, p. 271. — 24. ANDRUS et RILEY, 1915, halos de 7° 30′, 17° 30′, 19° et 28°, *Ibid.*, vol. 43, p. 213. — 25. GREGG, 1918, halo de 32°, *Ibid.*, Suppl. n° 12, *Aerology*, n° 7, p. 5. — 26. HAZEN, 1919, halo de 16° environ, *Ibid.*, vol. 47, p. 120.

Il faut noter que ces observations sont, pour la plupart, peu précises. Souvent il n'a pas été fait de mesure directe, le rayon du halo extraordinaire a été évalué par comparaison avec celui du halo de 22°, presque toujours visible en même temps. D'autres fois, il a été mesuré après coup sur le croquis tracé par l'observateur. Tel est le cas pour les observations 8, 11, 12, 15, 16 et 20. L'erreur a pu, quelquefois, atteindre 2°. Malgré cela, presque toutes ces observations se groupent nettement autour d'une demi-douzaine de valeurs correspondant évidemment à des halos différents.

Le halo le plus souvent observé (8 fois) a un rayon de 7° 30′ à 10°, moyenne 8° 40′. Nous lui donnerons le nom de l'observateur hollandais *van Buijsen*, qui l'a le premier *signalé*.

Les six observations numérotées 10, 15, 16, 18, 20 et 24 mentionnent un halo dont le rayon est bien déterminé : 17° à 18°, moyenne 17° 39′. Nous l'appellerons *halo de Rankin*.

Le halo de Burney a été vu 6 fois (obs. 5, 13, 14, 17, 22 et 24). Rayon 18° 30′ à 20°, moyenne 19° 15′. Remarquons, toutefois, que l'observation 22 pourrait presque aussi bien se rapporter au halo de Rankin.

Les halos de Rankin et de Burney ont été vus trois fois simultanément (obs. 13, 17 et 24). Ce sont donc deux phénomènes bien distincts, quoique leurs rayons ne diffèrent que de 1°,30 à 2°.

Le halo de 24° n'a été vu qu'une seule fois, mais par un météorologiste expérimenté dont l'observation, accompagnée d'une mesure, ne doit laisser aucun doute. On comprend que ce phénomène, dans la lumière blanche qui borde le halo ordinaire, ait peu de chances d'être aperçu.

Le halo de Scheiner (obs. 1, 2, 3, 18 et 24) a un rayon voisin de 28°.

Bien que leurs indications soient peu concordantes, les observations 4, 8, 16 et 25 paraissent relatives au même phénomène, déjà catalogué par Bravais, qui l'a nommé *halo de Feuillée*. L'observation 25, probablement la plus précise, lui attribue un rayon de 32°.

Il ne reste que trois observations à classer. L'observation 7, de Heiden, semble confirmée par l'observation 26; on peut, toutefois, se demander si ce halo de 16° n'est pas celui de Rankin, une erreur de 1° et demi étant fort possible.

L'observation 6, qui est restée sans confirmation depuis près d'un siècle et l'observation 23, peu précise, ne doivent être enregistrées que sous réserves.

En résumé, les halos extraordinaires les moins rares et les mieux déterminés sont : le halo de van Buijsen (8°30′), celui de Rankin (17°30′), celui de Burney (19°) et celui de Scheiner (28°). Il en existe en outre deux autres, celui de Dutheil (24°) et un halo mal défini de 32° ou 35°, le halo de Feuillée.

MYCOLOGIE. — *Sur la flore fongique du fromage de Brie.* Note de M. A. Loubière, présentée par M. Costantin.

Parmi les Champignons qui se développent à la surface du fromage de Brie, on n'a signalé et étudié jusqu'ici que quelques espèces de *Penicillium* auxquels on attribue un rôle dans le phénomène de la maturation.

Quand le caillé est abandonné à lui-même, il subit une série de transformations. Les microbes, disséminés dans sa masse, en s'attaquant au lactose et à la caséine, donnent naissance à diverses fermentations : le sucre de lait subit, en particulier, la fermentation lactique; la matière azotée, sous l'influence de diastases protéolytiques, est transformée en caséone.

Or, pour que ces ferments protéolytiques exercent normalement leur activité au sein du coagulum, celui-ci doit être neutralisé ou même passer à l'alcalinité. C'est précisément par l'intervention des moisissures se développant à la surface que les acides organiques, notamment l'acide lactique, seront progressivement brûlés et finalement détruits.

On voit combien ces végétations fongiques jouent un rôle important dans l'affinage. Il était donc intéressant d'en faire une étude attentive; c'est cette étude que j'ai entreprise et dont je vais donner ici les premiers résultats.

La flore fongique du fromage de Brie est beaucoup plus complexe qu'on ne l'a cru jusqu'ici. J'ai étudié systématiquement des échantillons provenant de différentes caves d'affinage.

Au cours de la maturation, on voit aussi se développer, en dehors des Penicilles bien connus, toute une flore fongique qui comprend par ordre de fréquence :

Fusarium sarcochroum Desm. et *Geotrichum candidum* Link qu'on rencontre presque constamment; puis, avec beaucoup moins de fréquence, *Trichosporium* sp. et *Botryotrichum piluliferum* Sacc. et March.

Enfin, sur des spécimens desséchés ayant subi l'affinage, on trouve encore souvent *Hormodendron cladosporioides* (Fresen.) Sacc., *Gymnoascus luteus* Zuk. et une espèce de *Lasiobotrys* sp.

Tous ces Champignons présentent uniquement la forme conidienne, à l'exception du dernier, qui dans les tubes de culture donne des périthèces. Bien que très répandues dans la nature, ces moisissures sont encore mal connues. C'est ainsi que deux des espèces étudiées m'ont présenté d'intéressantes particularités qui n'ont jamais été décrites et qu'il convient de signaler.

Trichosporium sp. — Cette Dématiée apparaît comme un feutrage cotonneux, toujours blanc. Les extrémités de certains filaments dressés se renflent en massue

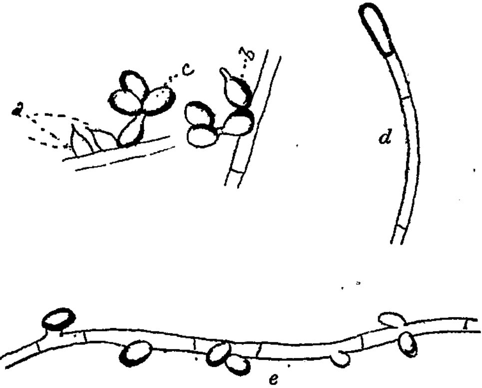


Fig. 1. — *Trichosporium* sp. — *a*, débuts des phialides; *b*, phialide adulte; *c*. conidie terminale; *d*, chlamydospores; *e*, conidies terminales. Gr. 540.

allongée (14^{μ}) séparant cette zone terminale du reste de l'hyphe par une épaisse cloison. Ainsi se forment des chlamydospores aériennes, lisses, cutinisées et brunes.

La formation des conidies s'accomplit de deux manières :

a. A la surface de quelques tubes mycéliens apparaissent de petites protubérances incolores. Ces renflements se différencient en phialides opaques et brunes. Insérées obliquement, celles-ci sont isolées ou groupées; elles mesurent 10^{μ} de longueur, leur

largeur de 1^{μ} dans la partie cylindrique atteint 5^{μ} dans la région renflée. A leur extrémité, un bourgeon sphérique se forme, se sépare du col par une mince membrane. La jeune conidie grandit, devient ovoïde, se colore en brun et se cutinise comme les chlamydospores. Les phialides peuvent engendrer ainsi plusieurs conidies terminales (7^{μ}-4^{μ}) offrant alors l'aspect d'un bouquet.

b. Les hyphes donnent directement naissance, par bourgeonnement, à des conidies pareilles aux précédentes.

Le *Trichosporium* sp. possède donc deux sortes d'éléments reproducteurs : des chlamydospores aériennes et des conidies, les unes terminales portées par des phialides, les autres latérales disposées isolément sur le mycélium.

Hormodendron cladosporioides. — Cette espèce donne, au début, de petites

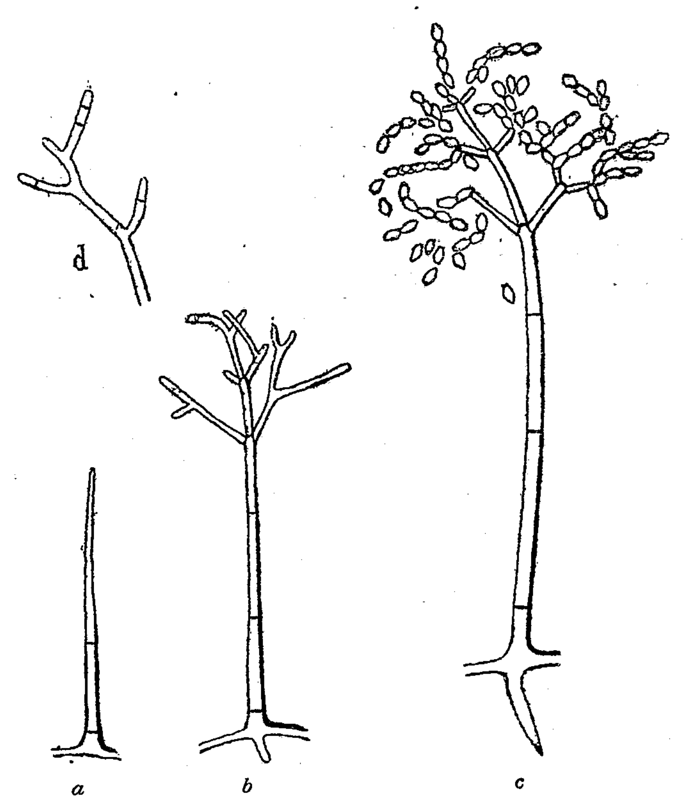


Fig. 2. — *Hormodendron cladosporioides*. — *a*, *b*, *c*, différents stades du développement; *d*, les ramuscules se dilatent et se cloisonnent. Gr. 540.

houppes gris verdâtre qui passent au brun noirâtre. Aprés quelques semaines, elles deviennent confluentes. Et le mycélium recouvre tout le substratum comme une épaisse couche de suie.

Formation des conidiophores. — Après s'être dessiné comme une épine grisâtre, rigide et dressée, le jeune conidiophore se cutinise et acquiert, par voie basifuge et de loin en loin, deux ou trois cloisons. Sa croissance est à la fois terminale et intercalaire. Quand il a atteint une certaine hauteur, il s'accroît à l'extrémité par deux jeunes pointes opposées qui poussent vers l'avant, s'allongent un peu et prennent ensuite une membrane basale. Le sommet de ces branches devient le centre d'un ensemble de ramifications « dichotomes en diapason ». Puis, tandis que la région terminale du filament-parent continue de s'allonger, il donne de la même façon deux autres systèmes de branches latérales, mais moins développées et divisées. Au point d'insertion de ces rameaux latéraux apparaît une cloison. Les ramuscules non septés augmentent de calibre. Les branches de premier ordre se cutinisent. A un stade ultérieur, tout le thalle non cutinisé se morcelle en arthrospores, par un processus de cloisonnement basipète. Dans le prolongement de la tige principale de cet arbuscule, l'hyphe qui lui a donné naissance pousse un appendice de 10^{μ} de longueur affectant la forme d'un aiguillon.

En résumé, l'*Hormodendron cladosporioides* présente un développement avec cloisonnement basifuge pour son rameau principal et un morcellement basipète de ses ramifications terminales qui se transforment en arthrospores. Ce double caractère, joint à la présence d'un organe de fixation, permet de donner à l'*H. cladosporioides* une définition morphologique précise qui avait échappé jusqu'ici.

HISTOLOGIE. — *Sur l'histologie des cœurs branchiaux de* Sepia officinalis *L. et de leurs appendices.* Note de M. E. **Fernández Galiano**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les cœurs branchiaux et leurs appendices chez les Céphalopodes ont été déjà étudiés histologiquement par Grobben (1), Cuénot (2) et Marceau (3). L'épithélium qui tapisse l'extérieur du cœur branchial nous montre les mêmes caractères que celui de l'appendice de cet organe. A l'aide de plusieurs formules d'hématoxyline j'ai réussi à mettre en évidence des fils très

(1) Grobben, *Morphologische Studien über den Harn-und Geschlechts-Apparat sowie die Leibeshœhle der Cephalopoden* (*Arb. a. d. Zool. Inst. d. Univ. Wien*, Bd 5, 1884).

(2) Cuénot, *Études sur le sang et les glandes lymphatiques dans la série animale* (*Arch. de Zool. expér. et génér.*, 2e série, t. 9, 1891). — *L'excrétion chez les Mollusques* (*Arch. belges de Biol.*, t. 16, 1899).

(3) Marceau, *Recherches sur la structure du cœur chez les Mollusques* (*Arch. d'Anat. microsc.*, t. 7, 1904-1905).

minces qui partent de la région la plus profonde de l'épithélium et nous montrent des caractères propres des véritables épithélio-fibrilles (¹). Dans le sens de la surface externe de l'épithélium on peut reconnaître le contour de ses cellules, lesquelles sont séparées entre elles par des espaces très étroits; cependant, le corps protoplasmique de chaque cellule communique avec ceux des cellules voisines par des trabécules très délicates.

Les auteurs ne font aucune allusion aux ponts protoplasmiques intercellulaires.

La masse du cœur branchial est formée de petits faisceaux de fibres musculaires striées, anastomosées en réseaux, dans les mailles desquels se trouvent les cellules propres de l'organe, ainsi que des vaisseaux et des canaux sanguins. Les paquets musculaires sont accompagnés de fibrilles de réticuline, mises en évidence par la deuxième modification de Del Río-Hortega à la méthode d'Achúcarro (²); leur distribution est à peu près la même que dans le cœur de l'Escargot (³) et dans le cœur artériel de la Seiche (⁴). Les fibres de réticuline pénètrent en outre parmi les cellules propres en formant un réseau compliqué qui les entoure étroitement. Marceau décrit dans les cellules propres deux sortes de granulations, déjà observées par Cuénot, sur le vivant : les unes colorables en noir foncé par la laque ferrique et les autres en rouge vif par l'éosine. Avec la méthode de Del Rio-Hortega au carbonate d'argent (⁵), j'ai réussi à colorer certaines granulations qui montrent une structure finement réticulaire semblable à celle du protoplasma, avec ses éléments très condensés. Marceau croit que les granulations éosinophiles sont de véritables *plastes*, élaborant dans leur sein des grains de pigment et des granulations hématoxylinophiles. Je suis incliné à accepter, au moins à titre provisoire, l'opinion

(¹) FERNÁNDEZ GALIANO, *Estudio histológico de los corazones branquiales de* Sepia officinalis *L. y de sus apéndices* (*Bol. de la R. Soc. españ. de Hist. nat.*, t. 19, 1919).

(²) DEL RÍO-HORTEGA, *Varias modificaciones al método de Achúcarro* (*Bol. de la Soc. españ. de Biol.*, 1916).

(³) FERNÁNDEZ GALIANO, *Sobre la fina estructura del corazón de* Helix (*Treb. de la Soc. de Biol. de Barcelona*, 1917); *El tejido conjuntivo del corazón de* Helix (*Ibid.*, 1918).

(⁴) FERNÁNDEZ GALIANO, *Contribución al conocimiento histológico del corazón de los Cefolópodos* (*Bol. de la R. Soc. españ. de Hist. nat.*, t. 19, 1919).

(⁵) DEL RIO-HORTEGA, *Notas técnicas. Noticia de un nuevo y facil méthodo para la coloración de la neuroglia y del tejido conjuntivo* (*Trab. del Labor. de Invest. biol. de la Univ. de Madrid.*, t. 15, 1917).

de Marceau suivant laquelle les cœurs branchiaux seraient des glandes à sécrétion interne.

Enfin, Marceau signale auprès du noyau, dans un grand nombre de cellules propres, d'un corps arrondi assez volumineux, à contour peu net, et qu'il considère comme un noyau accessoire (Nebenkern). A l'aide de la méthode du carbonate d'argent j'ai constaté que ce corps finement granuleux n'est pas en contact avec le noyau, comme Marceau le figure, mais qu'il y a entre ledit corps arrondi et le noyau une très mince couche protoplasmique. L'épithélium qui revêt l'appendice s'invagine au niveau de l'orifice qui met en communication sa cavité avec la générale secondaire et forme dans l'intérieur de l'appendice des villosités très nombreuses et compliquées. L'emploi de la troisième modification à la méthode d'Achucarro nous démontre que les stries que Grobben avait vues dans le protoplasma des cellules de cet épithélium interne sont, en réalité, de très délicates épithéliofibrilles formant d'élégants petits bouquets qui partent de la basale conjonctive et vont à peu près jusqu'au niveau des noyaux. Il y a dans la plupart de ces cellules des vacuoles plus ou moins volumineuses, à l'intérieur desquelles on voit une masse granuleuse qui, probablement, est un produit de sécrétion cellulaire. Beaucoup de noyaux de ces cellules sont allongés en forme de biscuit; dans d'autres le rétrécissement central est exagéré de façon que le noyau se trouve presque divisé en deux moitiés, et d'autres, enfin, se rétrécissent et s'étirent par leur milieu, la masse nucléaire se divisant ainsi en deux corps symétriques unis par un long et mince pont (1). Étant donnée l'abondance de ces formes et tenant compte de ce que toutes les transitions peuvent être trouvées, je crois qu'il s'agit d'un cas de division nucléaire par amitose : on sait, en effet, que cette forme de division se rencontre assez souvent dans les organes qui sont le siège d'un travail très actif.

Les études de Grobben et Cuénot ont démontré que la région corticale de l'appendice, entourée par l'épithélium dont j'ai déjà parlé, est composée des éléments suivants : 1° un stroma conjonctif formant un réseau irrégulier qui envoie des prolongements vers l'intérieur servant comme squelette aux replis épithéliaux; 2° des vaisseaux sanguins qui se trouvent dans le sein de ce stroma; 3° des fibres musculaires dans l'épaisseur des

(1) Fernandez Galiano, *Estudio histologico de los corazones branquiales de « Sepia officinalis » L. y de sus apéndices* (*Bol. de la R. Soc. españ. de Hist. nat.*, t. 19, 1919).

cloisons conjonctives; 4° des cellules à protoplasma peu abondant par rapport au volume du noyau. J'ai constaté l'existence desdits éléments et j'ai pu vérifier que le stroma conjonctif est formé d'un réseau de lames élastiques, en colorant les coupes par l'orcéine chlorhydrique, par la méthode de Röthig et par celle de Weigert.

La plus grande partie des auteurs attribuent aux appendices un rôle glandulaire. Les cellules des replis épithéliaux sécréteraient certaines substances, qui s'accumuleraient dans leurs vacuoles, pour être rejetées dans la cavité de l'appendice; de là, elles passeraient dans la cavité générale secondaire par l'orifice de communication et seraient entraînées, enfin, dans les sacs urinaires.

Quant aux cellules pauvres en protoplasma, qui comblent les mailles du réseau élastique, Cuénot (¹) opine que ce sont des éléments excréteurs (*néphrocytes*). Mes observations ne m'ont pas permis ni de confirmer, ni d'infirmer les conclusions du savant français.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur l'évolution du protoplasma de certaines cellules végétales par le procédé de la culture.* Note de M. V. **Galippe**, présentée par M. Yves Delage.

Ces recherches ont été réalisées par la méthode que j'ai fait connaître en 1891. Notre matériel d'études est celui qui a été utilisé par l'éminent botaniste de Lyon, M. Guilliermond, savoir l'épiderme des pétales de différentes fleurs. Nous nous sommes efforcé de débarrasser ces pétales des éléments étrangers qui pouvaient les souiller, par des lavages réitérés, soit avec de l'eau distillée stérilisée, soit avec ce même liquide, sursaturé d'éther, ou additionné de 10 pour 100 d'eau oxygénée. Après avoir été détachés aseptiquement, les fragments d'épiderme sont restés en contact avec l'une de ces deux solutions pendant un temps ayant progressivement varié entre une et soixante-douze heures sans qu'on ait observé de différences notables dans les résultats. Après avoir été séchés entre des feuilles de papier stérilisé, les fragments d'épiderme ont été ensemencés sur gélose et dans différents milieux de culture.

Iris. — Quand on examine les cellules épidermiques des pétales d'une

(¹) Cuénot, *Les organes phagocytaires des Mollusques* (*Arch. de Zool. expér. et génér.*, t. 54, 1914).

fleur d'Iris, après 24 heures de séjour soit dans l'eau éthérée ou additionnée d'eau oxygénée, après dilacération et coloration, on constate que le protoplasma s'est contracté et fragmenté. Il montre des globules sphériques ou ovoïdes, variant de volume, réfringents, isolés ou associés et semblant se reproduire par bourgeonnement. Les fragments de protoplasma sont plus ou moins allongés et renferment des microzymas. On remarque également, dans la préparation, des microzymas et des bacilles ovoïdes, ainsi que des bâtonnets.

Après 24 heures de séjour à l'étuve, le protoplasma a pris la forme de longs boyaux ou de corps sphériques remplis de bacilles ovoïdes. On constate également la présence de nombreux microzymas doués de mouvements, ainsi que de bâtonnets.

Les corps sphériques ou ovoïdes sont aussi doués de mouvements et de contractilité. Ils émettent des expansions mobiles, sortes de prolongements amiboïdes. Après 48 heures, les microzymas ont donné naissance à des bacilles ovoïdes, ainsi qu'à des chaînettes de bâtonnets.

Les tubes allongés renferment des microzymas et des bacilles ovoïdes. Ces derniers se sont organisés en chaînettes, dont chaque élément renferme deux microzymas.

Le troisième jour, les cellules sont déshabitées et ne montrent plus que des microzymas très mobiles et des bacilles ovoïdes.

Le quatrième jour, les corps sphéroïdes se sont complètement transformés en bacilles ovoïdes; ceux-ci forment des amas considérables.

Le treizième jour, les cellules avaient disparu et le protoplasma s'était intégralement transformé en bacilles ovoïdes.

Généralement, l'ensemencement donne un résultat au bout de 48 heures. La gélose se recouvre d'un voile constitué par des microzymas et des bacilles ovoïdes, ainsi que par des bâtonnets. Après quelques jours, les bacilles ovoïdes sont doués de mouvements de trépidation et de translation. Enfin apparaissent dans la culture de très gros bâtonnets, se transformant en corps allongés, arrondis aux extrémités, renfermant un ou deux microzymas doués de mouvements. Certains de ces corps sont divisés en deux parties égales par une cloison transversale. Chaque logette ainsi constituée montre un microzyma. Les parois de ces loges se détruisent et mettent en liberté les microzymas qu'elles emprisonnaient. Ceux-ci se multiplient dans la culture et donnent des bacilles ovoïdes.

Tels sont les faits globaux observés dans nos cultures de l'épiderme des

pétales d'Iris. Les observations qui vont suivre n'en diffèrent que par des questions de détail.

Tulipe. — Les ensemencements de l'épiderme des pétales de différentes variétés ont généralement donné des résultats positifs après 48 heures. Le voile était constitué par des microzymas évoluant vers la forme ovoïde, des bacilles ovoïdes oscillants et des bâtonnets. Nous avons retrouvé des corps allongés en forme de boyaux arrondis aux deux bouts et montrant des cloisons transversales équidistantes, et dans chaque logette un microzyma. Ceux-ci sont doués de mouvement de translation et se heurtent aux parois de leur prison. Ces formations, plus longues que celles observées dans l'*Iris*, résultent de l'évolution de gros bâtonnets provenant eux-mêmes de chaînettes de microcoques volumineux.

L'examen du protoplasma après séjour à l'étuve nous a donné des résultats comparables à ceux observés dans l'*Iris*.

Dans l'épiderme des pétales des fleurs de *Lys*, nous avons observé des faits très voisins de ceux déjà décrits. Après 24 heures de séjour à l'étuve, le noyau des cellules a disparu ou est rempli de microzymas et de bacilles ovoïdes. Nous avons également observé autour de certains noyaux de véritables condensations protoplasmiques affectant une disposition radiée et constituées par des microzymas.

Les pétales du *Pawlonia imperialis* nous ont fourni de remarquables exemples de fragmentation du protoplasma et de la transformation de celui-ci en bacilles ovoïdes. Il en est de même pour les pétales de *Pivoine*, dans lesquels l'évolution du protoplasma présente des particularités remarquables, mais aboutissant toujours au même résultat.

Dans l'épiderme des pétales des fleurs précitées, ainsi que dans celui de la *Digitale*, les amas de bacilles ovoïdes résultant de l'évolution du protoplasma conservent la forme générale que présentaient les fragments dont ils sont issus. Libres, ils sont doués de mouvements très vifs.

Les pétales de *Rose* ne nous ont pas donné de résultats particuliers.

Toutes nos cultures, examinées après plusieurs mois, ne renfermaient plus que des bacilles ovoïdes non colorables, termes ultimes de l'évolution du protoplasma.

Nous avons étudié l'action de la fanaison sur les cellules de l'épiderme des fleurs d'*Iris* et de *Tulipe*. D'une façon générale, les phénomènes observés sont de même ordre que ceux obtenus par nos cultures, mais se produisent

plus lentement. Dans les fleurs de *Lys*, en particulier, nous avons suivi les modifications du protoplasma, pendant sept jours consécutifs.

En résumé, dans cette longue série d'expériences, les faits que nous avons constatés montrent que la partie vivante du protoplasma est constituée par des microzymas.

HYGIÈNE. — *Sur la dératisation par la chloropicrine*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Brocq-Rousseu**, présentée par M. Roux.

Les belles observations de Yersin [1], de Simond [2], confirmées par les nombreuses expériences de la Commission anglaise de la Peste, ont démontré le rôle prépondérant du rat dans la propagation de la peste bubonique : le sang de l'animal malade renferme des bacilles; ceux-ci sont transmis du rat au rat et du rat à l'homme par les puces (*Pulex cheopis* Roth) qui se trouvent d'habitude dans le pelage du rongeur. On comprend, dès lors, comment la maladie peut se transmettre de maison à maison, de ville à ville et même, par les navires notamment, d'un pays à un autre. La destruction des rats est donc une opération des plus importantes dans la lutte contre la peste. Elle ne l'est pas moins dans le cas d'autres épidémies analogues et présente encore de l'intérêt lorsqu'il s'agit seulement d'arrêter les dégâts commis par les rongeurs.

On a préconisé et utilisé, principalement pour la dératisation des navires, le gaz carbonique et l'anhydride sulfureux, apportés sous pression dans des bouteilles d'acier ou produits à l'endroit même à l'aide d'appareils spéciaux. Nous avons reconnu que le rat et son parasite suceur sont extrêmement sensibles à l'action de la chloropicrine et qu'il est possible de considérer la vapeur de cette substance comme un très bon agent de dératisation.

Nous donnons ici les résultats que nous avons obtenus, d'abord sur le rat d'égout ou surmulot (*Mus decumanus* Pallas), ensuite sur la puce (*Ceratophyllus fasciatus* Bosc).

Action sur le rat. — Elle a été déterminée dans deux séries distinctes d'expériences.

Dans la première série, nous avons fait agir des doses différentes de

(1) *Bull. Acad. de Médec.*, 1897, p. 93.
(2) *Ann. Inst. Pasteur*, t. 12, 1898, p. 625.

vapeur de chloropicrine et nous avons noté le temps après lequel expirait l'animal maintenu dans l'atmosphère toxique. Nous avons, en général, fait deux ou trois expériences pour chaque dose et ce sont les temps mortels moyens que nous donnons dans le Tableau suivant :

Nombre de grammes par mètre cube.	Temps moyens de mort.	Nombre de grammes par mètre cube.	Temps moyens de mort.
1 g	2 h 5 m	8 g	26 m
2	1.23	9	22.30 s
3	41	10	22
4	39	20	13
5	34.30 s	25	10.30
6	27	30	10
7	30.30		

Dans la seconde série, nous avons, au contraire, placé les rats dans une atmosphère de concentration constante et nous les avons retirés après des temps variables. Les chiffres ci-dessous montrent que les rats gazés, même pendant très peu de temps, ne tardent pas à succomber à l'action de la chloropicrine. Dans cette série, chaque expérience a été faite une seule fois.

Rats gazés avec 10g de chloropicrine par mètre cube.

Durée.	Temps de mort (1).	Poids.	Températures.
1 m	4 h 18 m	147 g	+16°
2	4.33	47	18
3	58	120	16
5	36	129	16
7	1. 9	65	16
10	48	67	15
12	52	102	16
15	28	72	15

Action sur la puce. — Lorsque les rats sont placés dans une atmosphère de chloropicrine, les puces dont ils sont porteurs s'enfuient presque aussitôt, mais elles meurent peu de temps après avoir quitté leur hôte, car elles sont encore plus sensibles que lui à l'action du toxique.

Nos observations ont porté sur près de 50 individus, les doses de subs-

(1) Comptés à partir du commencement des expériences.

tance chlorée variant de 5^g à 30^g par mètre cube et la température de $+16°$ à $+24°$. Les temps de mort sont restés compris entre 3 et 15 minutes, mais il ne nous a pas été possible d'établir une proportionnalité rigoureuse entre les temps de mort, les concentrations et la température, à cause de la variété des conditions expérimentales et du nombre relativement réduit d'individus.

Nous avons remarqué que le nombre le plus grand de puces dont nos rats étaient porteurs se rencontrait au mois d'août; ce nombre, déjà très faible en octobre, est resté nul du 13 décembre 1919 jusqu'au 30 janvier 1920, date à laquelle nous avons retrouvé le parasite. Il serait intéressant de savoir ce que devient la puce du rat pendant l'hiver.

En résumé, la chloropicrine se présente comme un agent très puissant de destruction du rat et de la puce. Comme elle est, d'autre part, sans action sur les tissus et sur les couleurs, elle pourrait en cas de besoin, avec un outillage très simple, être utilisée, notamment, dans la dératisation des navires.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 18 août 1919.)

Note de M. *G. Humbert*, Sur les représentations propres d'un entier par les formes positives d'Hermite, dans un corps quadratique imaginaire :

Page 313, ligne 25, *au lieu de* JJ_9, *lire* JJ_0.

(Séance du 1er septembre 1919.)

Note de M. *G. Humbert*, Sur la mesure de l'ensemble des classes positives d'Hermite, de discriminant donné, dans un corps quadratique imaginaire :

Page 409, équation (4), *au lieu de* $\gamma + 3\Delta w$, *lire* $\gamma + 2\Delta w$; ligne 21, à la fin, *au lieu de* $\frac{2\Delta q}{\sqrt{t}}$ *lire* $\frac{2\Delta\sqrt{P}}{\sqrt{t}}$.

(Séance du 8 septembre 1919.)

Note de M. *G. Humbert*, Sur la mesure des classes d'Hermite de discriminant donné dans un corps quadratique imaginaire et sur certains volumes non euclidiens :

Page 449, ligne 17, *au lieu de* $\left(\frac{-P}{p}\right)$, *lire* $\left(\frac{-\Delta}{p}\right)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 FÉVRIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Lugeon*, recteur de l'Université de Lausanne, récemment élu Correspondant de l'Académie, qui assiste à la séance.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les formes quadratiques positives d'Hermite dans un corps quadratique imaginaire* (1). Note (2) de M. G. **Humbert**.

Les résultats que j'ai publiés aux *Comptes rendus* en 1919 peuvent être affranchis de certaines restrictions et étendus dans différents sens; j'aurai également à traiter, d'une manière complète, le cas des formes improprement primitives.

1. *Cas de* P *et* Δ *non premiers entre eux.* — Dans le corps $i\sqrt{P}$, où $P \equiv 1$ ou 2 (mod 4), soient $f_1(x, y), \ldots, f_H(x, y)$ des formes d'Hermite positives, proprement primitives, choisies, *une par classe*, dans les classes de discriminant Δ; désignons par $I_1, I_2, \ldots, I_h$ des idéaux du corps, choisis *un par classe*, ceux par exemple associés aux h formes quadratiques binaires positives, *proprement primitives* et *réduites* de Gauss, de discriminant P (ou à des formes équivalentes).

Si nous supposons que P et Δ ont des diviseurs premiers communs, la formule fondamentale de la représentation subsiste telle qu'elle a été

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 309, 360, 407 et 448.

(2) Séance du 2 février 1920.

donnée à la page 365 du Tome 169, à savoir :

$$(1) \qquad \sum \frac{1}{k_l} f_l^{-s}\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right) = h \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi^{s-1}}\right].$$

Au premier membre, la somme porte d'abord sur les valeurs $l = 1$, $2, \ldots, H$, et k_l est le nombre des automorphies de la forme $f_l(x, y)$; puis, l étant fixe, c prend les valeurs $1, 2, \ldots, h$, et X, Y désignent tous les couples d'entiers de l'idéal I_c, soumis seulement à la condition que l'entier ordinaire $f_l\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right)$ soit premier à 2Δ. Quant à s, c'est un nombre positif fixe quelconque, supérieur à 2.

Au second membre, n parcourt les entiers ordinaires positifs, premiers à 2Δ, et le produit Π s'étend aux facteurs premiers impairs ϖ (supérieurs à 1) de P ; si ϖ divise Δ, on fera $\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) = 0$.

Passons maintenant à la limite, en posant $s = 2 + \rho$, en multipliant les deux membres de (1) par ρ, et égalant leurs limites pour $\rho = 0$.

Pour le second membre on trouve, comme à la page 408 du Tome 169, la limite

$$h \frac{\pi^2}{16} \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi}\right] \prod_{\delta} \left(1 - \frac{1}{\delta}\right) \left(1 - \frac{1}{\delta^2}\right),$$

δ désignant tout diviseur premier impair (> 1) de Δ.

Pour le premier membre on trouve de même (page 410 du même Tome) la limite

$$h \frac{\pi^2}{16\, \Delta^3 P}\, 4\, \Delta^2 \Phi(2\Delta) \sum \frac{1}{k_l},$$

et l'expression de $\Phi(2\Delta)$ est ici la suivante :

$$\Phi(2\Delta) = 2\Delta^2 \prod_{\delta'} \left(1 - \frac{1}{\delta'}\right)^2 \prod_{\delta''} \left(1 - \frac{1}{\delta''^2}\right) \prod_{r} \left(1 - \frac{1}{r}\right);$$

δ' et δ'' sont les diviseurs premiers impairs (> 1) de Δ (et non de P), tels respectivement que

$$\left(\frac{-P}{\delta'}\right) = +1; \qquad \left(\frac{-P}{\delta''}\right) = -1;$$

les r sont les diviseurs premiers impairs (> 1) communs à P et à Δ. Égalant les limites des deux membres, on en déduit la valeur de $\sum \frac{1}{k_l}$, c'est-à-dire la *mesure*, $M(\Delta)$, *de l'ensemble des classes positives d'Hermite, proprement*

primitives, de discriminant Δ, *dans le corps* $i\sqrt{P}$,

$$(2)\quad M(\Delta)=\frac{1}{8}P\Delta\prod_{\delta}\left[1+\left(\frac{-P}{\delta}\right)\frac{1}{\delta}\right]\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right]\prod_{r}\left(1-\frac{1}{r^2}\right).$$

Au second membre, on peut dire que δ désigne tout diviseur premier impair (>1), de Δ, ne divisant pas P; de même, ϖ désigne tout diviseur premier impair (>1) de P, ne divisant pas Δ; enfin, r désigne tout diviseur premier impair (>1), divisant à la fois Δ et P.

On a ainsi une formule absolument générale; elle n'est pas sans analogie avec celle de Stephen Smith qui donne la *mesure d'un genre* de formes ternaires *positives;* nous expliquerons l'analogie plus tard, en traitant des formes d'Hermite *indéfinies.*

2. *Cas de* $P\equiv 3 \pmod 4$. — *La formule* (1) *subsiste dans les conditions suivantes :*

1° $f_1, f_2, \ldots, f_H$ désignent des formes d'Hermite du *corps* $i\sqrt{P}$, positives, primitives, choisies, *une par classe*, dans les classes de discriminant Δ;

2° $I_1, \ldots, I_h$ sont les idéaux du corps $i\sqrt{P}$ associés respectivement aux h formes quadratiques binaires positives, *improprement primitives* et *réduites* de Gauss, de discriminant P (ou à des formes équivalentes);

3° La signification des k_l, X, Y est la même que ci-dessus.

Enfin, *la formule* (2) *de la mesure subsiste, avec le facteur* $\frac{1}{24}$, au lieu de $\frac{1}{8}$, au second membre.

3. *Cas de l'anneau* $i\sqrt{P}$, *pour* $P\equiv 3 \pmod 4$. — Si, dans le cas de $P\equiv 3 \pmod 4$, on considère, non pas le corps complet $i\sqrt{P}$, mais l'*anneau* $i\sqrt{P}$, c'est-à-dire l'ensemble des nombres $a+bi\sqrt{P}$, où a et b sont des entiers ordinaires, on peut reprendre toute la théorie précédemment développée, et l'on arrive à ces conclusions :

La formule (1) *subsiste dans les conditions suivantes :*

1° $f_1, f_2, \ldots, f_H$ désignent des formes d'Hermite de l'anneau $i\sqrt{P}$, positives, proprement primitives, choisies, une par classe, dans les classes de discriminant Δ. Une forme $axx_0+bx_0y+b_0xy_0+cyy_0$ est de l'anneau si, a et c étant entiers ordinaires, b et b_0 sont deux entiers de l'anneau, conjugués l'un de l'autre; deux de ces formes sont de la même classe si l'on passe de l'une à l'autre en changeant x, y en $\alpha x+\beta y$, $\gamma x+\delta y$, les $\alpha, \ldots, \delta$ étant des *entiers de l'anneau*, de déterminant $\alpha\delta-\beta\gamma$ égal à $+1$;

2° $I_1, I_2, \ldots, I_h$ sont, par exemple, les idéaux associés aux h formes binaires, *proprement primitives*, réduites de Gauss, de discriminant P (ou à des formes équivalentes);

3° La signification des k_l, X, Y est la même que ci-dessus.

La formule (2) *de la mesure subsiste sans modification;* elle donne la mesure de l'ensemble des classes d'Hermite positives, proprement primitives, de l'anneau $i\sqrt{P}$ et de discriminant Δ.

Exemple : $P=3$, $\Delta=3$. — On trouve, par recherche directe, pour représenter les classes proprement primitives, de discriminant 3, *dans l'anneau* $i\sqrt{3}$, les deux formes

$$xx_0 + 3yy_0, \qquad 2xx_0 - i\sqrt{3}\,x_0 y + i\sqrt{3}\,xy_0 + 3yy_0,$$

pour chacune desquelles $k = \frac{1}{2}$.

Or on a bien, par (2),

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{1}{8}\,3.3\left(1 - \frac{1}{9}\right).$$

4. *Formes improprement primitives.* — Rappelons d'abord [1] que, si $P \equiv 3 \pmod 4$, il n'y a pas, *dans le corps* $i\sqrt{P}$, à introduire les formes improprement primitives, parce que toute forme d'Hermite *primitive* l'est proprement; les formes improprement primitives existent au contraire si $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$, et aussi dans l'anneau $i\sqrt{P}$, si $P \equiv 3 \pmod 4$; ce sont celles, (a, b, b_0, c), pour lesquelles a et c sont pairs, a, b, b_0, c n'ayant d'ailleurs aucun diviseur entier ordinaire commun.

Voici les formules générales.

Soient $F_1, F_2, \ldots$ des formes d'Hermite positives, improprement primitives (du corps $i\sqrt{P}$ ou de l'anneau $i\sqrt{P}$), choisies, une par classe, dans les classes de discriminant Δ, et soit k_l le nombre d'automorphies de F_l.

Soient $I_1, I_2, \ldots, I_h$ les idéaux du corps $i\sqrt{P}$ qui sont respectivement associés aux h formes quadratiques binaires, *proprement primitives*, réduites de Gauss, de discriminant P (ou à des formes équivalentes); on a la formule

$$(3) \qquad \sum \frac{2^s}{k_l} F_l^{-s}\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right) = \lambda h \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi^{s-1}}\right];$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 411.

X, Y au premier membre, dans l'expression $F_l\left(\frac{X}{I_c}, \frac{Y}{I_c}\right)$, sont les couples d'entiers de l'idéal I_c, soumis à la seule condition que l'expression, *divisée par* 2, soit première à 2Δ; au second membre, n et ϖ ont la signification indiquée au n° 1. Quant à λ, il est égal à 1, sauf dans le cas où, Δ étant impair, P est $\equiv 1 \pmod 4$; λ est alors égal à 2.

Enfin, on exclut des $F(x, y)$ les formes qui ne représentent que des multiples de 4, quand on donne à x, y des valeurs, entières quelconques, du corps ou de l'anneau $i\sqrt{P}$.

Ces formes ne peuvent d'ailleurs exister que si $P \equiv \Delta \equiv 2 \pmod 4$.

Quant à la *formule de la mesure*, elle se présente comme il suit.

Soit $M'(\Delta)$ la mesure de l'ensemble des classes positives, *improprement primitives*, de discriminant Δ, dans le corps où l'anneau $i\sqrt{P}$; soit $M(\Delta)$ la mesure analogue pour les formes *proprement primitives*, du même discriminant Δ, et qui est donnée par (2) : on a

$$M'(\Delta) = \mu M(\Delta), \tag{4}$$

μ étant un coefficient dont le Tableau ci-dessous donne la valeur.

	Mod 8.						Mod 4.
	$\Delta \equiv 1$.	$\Delta \equiv 5$.	$\Delta \equiv 2$.	$\Delta \equiv 6$.	$\Delta \equiv 3$.	$\Delta \equiv 7$.	$\Delta \equiv 0$.
$P \equiv 1 \pmod 8$	0	0	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
$P \equiv 5$ »	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
$P \equiv 2$ »	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	0
$P \equiv 6$ »	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	0
$P \equiv 3 \pmod 4$ *anneau*	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

La valeur $\mu = 0$ indique qu'il n'y a pas de formes improprement primitives de l'espèce correspondante.

5. *Applications.* — En donnant à P l'une des valeurs 1, 2, 3 et à Δ des valeurs convenables, la formule (3) conduirait à des formules, dues à Liouville, et relatives au nombre total de représentations d'un entier par certaines formes quadratiques quaternaires; comme résultat paraissant nouveau, nous signalerons celui qui répond à $P = 2$, $\Delta = 11$.

D'abord, pour $P = 2$, il n'y a qu'une classe d'idéaux, c'est-à-dire que,

dans (3), on doit faire

$$I_c = 1 \quad \text{et} \quad h = 1.$$

Le Tableau ci-dessus, pour $P = 2$, $\Delta = 11$, donne

$$\mu = \frac{1}{6}, \quad \text{d'où} \quad M'(11) = \frac{1}{6}\frac{2}{8} 11 \frac{12}{11} = \frac{1}{2}.$$

On a, effectivement, la seule classe représentée par la forme

$$F = 2xx_0 + x_0y + xy_0 + 6yy_0,$$

pour laquelle $k = 2$. On déduit alors de (3) cette proposition : *m désignant un nombre entier positif, impair, premier à* 11, *le nombre total des représentations de* $4m$ *par la forme quadratique quaternaire* $x^2 + 11y^2 + 2z^2 + 22t^2$ *est égal à deux fois la somme des diviseurs de m.*

6. *Mesure de l'ensemble des classes d'Hermite, primitives et non primitives, de discriminant donné :*

1° J'ai établi (*Comptes rendus*, t. 169, p. 450) la formule correspondante en supposant Δ premier à $2P$; on peut l'étendre un peu :

La mesure $\mathfrak{M}(\Delta)$ *de l'ensemble des classes d'Hermite positives, primitives ou non, mais propres, de discriminant* Δ, *dans le corps* $i\sqrt{P}$ *si* $P \equiv 1$ ou 2 (mod 4), *ou dans l'anneau* $i\sqrt{P}$ *si* $P \equiv 3 \pmod 4$, *a pour expression*

$$\mathfrak{M}(\Delta) = \frac{P}{8} \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right] \cdot \sum d\left(\frac{-P}{d'}\right).$$

Au second membre, le produit Π porte sur les diviseurs premiers impairs (> 1), ϖ, de P; la somme Σ porte sur les décompositions en facteurs $\Delta = dd'$, *où* d' *est impair. Enfin on suppose que* P *et* Δ *n'ont aucun diviseur impair commun* (> 1).

Par forme *propre*, on entend une forme dont les coefficients extrêmes ne sont pas pairs à la fois.

2° Nous désignerons par $\mathfrak{M}'(\Delta)$ la mesure de l'ensemble des classes d'Hermite positives (a, b, b_0, c) de discriminant $ac - bb_0$ égal à Δ, où a et c sont pairs, mais où b et b_0 ne sont pas divisibles par 2; d'ailleurs a, b, b_0, c peuvent admettre un diviseur entier ordinaire impair. On a

$$\mathfrak{M}'(\Delta) = \mu\,\mathfrak{M}(\Delta),$$

μ ayant la valeur indiquée au Tableau ci-dessus, et P et Δ étant supposés

sans diviseur impair commun (>1). Si $P \equiv \Delta \equiv 2 \pmod 4$, on exclut les classes qui ne représentent que des multiples de 4 (n° 4).

7. *Volume non euclidien de* $\mathfrak{O}$. — On désigne par $\mathfrak{O}$ le volume non euclidien, dans le demi-espace de Poincaré, du domaine fondamental du groupe *modulaire* dans le corps $i\sqrt{P}$, si $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$, et dans l'anneau $i\sqrt{P}$, si $P \equiv 3 \pmod 4$. On a, dans ces trois cas, par le raisonnement fait aux pages 451-454 du Tome 169 des *Comptes rendus*,

$$\mathfrak{O} = \frac{1}{3} P^{\frac{3}{2}} \sum \left(\frac{-P}{n}\right) \frac{1}{n^2},$$

n parcourant tous les entiers positifs premiers à $2P$.

Le volume analogue dans le corps $i\sqrt{P}$, si $P \equiv 3 \pmod 4$, est donné par la même formule, *où l'on divise le second membre par* 10 *ou par* 6, *selon que* P *est* $\equiv 3$ *ou* $7 \pmod 8$: cela résulte immédiatement d'une belle proposition de M. Bianchi (*Math. Annalen*, t. 40, 1892, p. 346).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines solutions d'une équation aux dérivées fonctionnelles.* Note de M. **Hadamard.**

J'ai eu précédemment [1] l'occasion de montrer que des différents problèmes, auxquels conduisent les équations aux dérivées partielles les plus diverses [2], on peut déduire autant de solutions d'une même équation aux dérivées fonctionnelles

$$\delta \Psi(O, O') = -\int_C \Psi(O, M)\, \Psi(M, O')\, \delta n\, ds,$$

dans laquelle la quantité à déterminer Ψ doit dépendre : d'une part, des positions de deux points O, O'; de l'autre, de la forme d'un contour $\mathcal{C}$. L'intégrale du second membre est étendue à ce contour (décrit par le point M) et les signes δ se rapportent à la déformation de ce contour, δn désignant l'amplitude normale de ce déplacement, de sorte que $\delta n\, ds$ représente l'élément d'aire balayée dans la déformation.

La raison de cette intervention générale de l'équation (E) a été mise en

---

[1] *Mémoire des Savants étrangers*, t. 33, 1908.

[2] J'avais opéré exclusivement sur des équations du type elliptique. On verra ci-après comment la conclusion s'étend aux autres types.

lumière par M. Paul Lévy (*Thèse de l'Université de Paris*) qui a montré que cette équation était *complètement intégrable*, c'est-à-dire (par analogie avec le fait correspondant de la théorie des équations aux différentielles totales) que la valeur obtenue pour la solution, lorsque $\mathfrak{S}$ passe d'une position $\mathfrak{S}_0$ à une autre $\mathfrak{S}_1$, ne dépend pas de la loi de succession des formes intermédiaires.

Cependant, parmi les expressions que j'avais déduites des équations du type elliptique dans le travail cité, une seule possédait la propriété qui vient d'être énoncée et pouvait, sous ce point de vue, être regardée comme une véritable question : c'était la quantité

$$\Delta_0 \Delta_{0'} \Gamma_0^{0'}, \tag{1}$$

$\Gamma_0^{0'}$ étant la fonction de Green du problème biharmonique et l'opération $\Delta = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} = \frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)$ étant appliquée cumulativement par rapport aux coordonnées de O et à celles de O'.

Les autres expressions formées dans mon Mémoire supposaient la connaissance d'une loi déterminée, quelconque d'ailleurs, de déformation de $\mathfrak{S}$; cette loi intervenant dans le choix des directions suivant lesquelles on dérive les fonctions de Green.

Une nouvelle solution de l'équation (E) a été formée par M. Henrik Block [1]. Elle est déduite de l'équation de la chaleur (type parabolique). $G(O, O') = G(x, y, x', y')$ étant la fonction de Green correspondant au problème classique pour l'équation

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - \frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

ou même pour l'équation plus générale

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} = a\frac{\partial z}{\partial x} + b\frac{\partial z}{dx} + cz$$

(a, b, c, fonctions de x, y), l'équation (E) est vérifiée par

$$\Psi(O, O') = \frac{1}{2\sqrt{\pi}}\frac{\partial^2}{\partial x \partial x'} G(x, y, x', y'), \tag{2}$$

l'intégration étant étendue à la portion de contour comprise entre les deux caractéristiques qui passent respectivement par O et O'.

---

(1) *Arkiv för Mathematik*, t. 6, n° 31, p. 1-42 (p. 17).

Or, comme l'expression (1), cette solution (par le fait que les directions de dérivation du second membre sont toujours $y = \text{const.}$) ne fait pas intervenir la connaissance d'une loi particulière de déformation du contour. Elle est une véritable solution de (E).

Restait à examiner le type hyperbolique. Nous allons voir que l'examen de ce dernier type éclaire le cas elliptique.

1. Le problème dont nous devons partir est celui qui fait intervenir la forme d'un contour, c'est-à-dire le *problème mixte* que j'ai étudié dans le Tome 31 du *Bulletin de la Société mathématique de France* (1903). Je renverrai aux notations et méthodes de ce dernier travail et me contenterai de rappeler que le problème mixte consiste à trouver une solution de l'équation de Laplace

$$(e) \qquad \frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} + a(x,y)\frac{\partial z}{\partial x} + b(x,y)\frac{\partial z}{\partial y} + c(x,y)\, z = 0,$$

connaissant les valeurs de z et ses dérivées premières sur un certain arc de courbe AB, les valeurs de z *seul* sur un second arc AC. La forme de l'arc AB n'influe pas d'une manière profonde sur la marche de la solution, mais il en est autrement pour celle de l'arc AC : celle-ci intervient par l'intermédiaire d'une fonction $U(x', y', x, y)$ dont la définition a été donnée au n° 2 du Mémoire qui vient d'être cité [1], et qui est solution de l'équation adjointe

$$(\varepsilon) \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x'\, \partial y'} - \frac{\partial}{\partial x'}[a(x', y')\, u] - \frac{\partial}{\partial y'}[b(x', y')\, u] + c(x', y')\, u = 0.$$

Au n° 4 du même Mémoire, il est établi que cette quantité coïncide avec la quantité analogue $Z(x, y, x', y')$, que l'on en déduirait en permutant entre eux les deux points $O'(x', y')$, $O(x, y)$, en même temps que les deux équations (e), (ε).

2. Cette dernière démonstration nous servira de modèle pour celle qui va nous fournir la variation infinitésimale de

$$U(x', y', x, y) = Z(x, y, x', y')$$

lorsque, sans changer O, O′, on déforme le contour AC.

---

[1] Nous intervertissons les notations x', y' et x, y qui figurent dans ce numéro. La nouvelle notation ainsi modifiée est plus en accord avec celle qui est employée ensuite au n° 4 (*loc. cit.*).

Dans la figure 2 *bis* qui, dans notre Mémoire, accompagne cette démonstration, imaginons que l'on trace non plus un seul arc de courbe $\mathcal{S}$, mais deux arcs très voisins $\mathcal{S}$, $\mathcal{S}_1$. Le point P (se reporter à la figure en question) sera encore pris sur $\mathcal{S}$, mais le point P′ sera pris sur $\mathcal{S}_1$. On appliquera l'identité fondamentale à la fonction $U(X, Y, x, y)$ (relative à $\mathcal{S}$) et à la fonction $Z_1(X, Y, x', y')$, c'est-à-dire à la fonction Z *relative à* $\mathcal{S}_1$, laquelle est égale à la quantité $U_1(x', y', X, Y)$ également déduite de U par substitution de $\mathcal{S}_1$ à $\mathcal{S}$. Le contour d'intégration sera le même que dans la figure à laquelle nous renvoyons, la partie curviligne étant empruntée à $\mathcal{S}$. Sur cette dernière courbe (en la supposant, pour fixer les idées, plus près des points O, O′ que $\mathcal{S}_1$), les caractéristiques issues de P′ intercepteront un petît arc $p'p_1$ qui fera partie du contour d'intégration et le long duquel (voir le Mémoire cité du *Bulletin de la Société mathématique de France*) la fonction Z_1 doit être remplacée par la fonction de Riemann ordinaire relative aux points X, Y, x', y'.

En tenant compte de cette dernière circonstance et aussi de ce que, sur l'arc restant de $\mathcal{S}$, U est nul et Z_1 égal à l'un quelconque des deux infiniment petits équivalents $-\frac{\partial Z}{\partial y}\delta y = -\frac{\partial Z}{\partial x}\delta x$, on trouve

$$
(\delta)\quad \left\{
\begin{aligned}
& Z_1(x, y, x', y') - U(x', y', x, y) \\
& \quad = U_1(x', y', x, y) - U(x', y', x, y) \\
& \quad = \delta U = -e^{-\int_{O}^{P} a\,dy}\left(\frac{\partial Z}{\partial y}\delta y\right)_P - e^{-\int_{O'}^{P'} b\,dx}\left(\frac{\partial U}{\partial x}\delta x\right)_{P'} - \int_P^{P'} \frac{\partial Z}{\partial y}\frac{\partial U}{\partial x}\delta y\,dx.
\end{aligned}
\right.
$$

3. Convenons, dans ce qui suit, de désigner par a, a', A les valeurs de la fonction a aux points (x, y), (x', y'), (X, Y) respectivement, avec une notation correspondante pour b.

Les opérations $\left(\frac{\partial}{\partial y} + a\right)$, $\left(\frac{\partial}{\partial x'} - b'\right)$, appliquées au second membre de l'équation précédente, en font respectivement disparaître les deux premiers termes.

Dans ces conditions, si l'on remarque qu'il est indifférent d'ajouter, sous le signe $\int$, au premier facteur le terme nul $+AZ$, et au second le terme nul $-BU$, on voit que *l'expression*

$$
(3)\qquad \left(\frac{\partial}{\partial y} + a\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'} - b'\right) U(x', y', x, y)
$$

est une solution de (E).

4. Le cas hyperbolique nous fournit ainsi, pour cette équation, une solution indépendante de la loi de déformation du contour. Le fait que les différentiations qui y conduisent ont lieu respectivement suivant une caractéristique d'un système, issue de O, et suivant une caractéristique de l'autre système, issue de O′, nous montre la voie dans laquelle nous devons chercher à améliorer les résultats précédemment déduits du cas elliptique.

Effectivement, si l'on part de l'équation des potentiels logarithmiques et de la fonction de Green ordinaire correspondante $g(x, y, x', y')$, on est conduit à considérer, pour l'équation (E), au lieu de la solution $\frac{\partial}{\partial x}\frac{\partial}{\partial x'}g$, les deux suivantes :

$$(4)\qquad \left(\frac{\partial}{\partial x} \pm i\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial}{\partial x'} \mp i\frac{\partial}{\partial y'}\right) g(x, y, x', y').$$

5. L'expression (4) ne se généralise pas à l'équation de Laplace à trois variables.

Par contre, elle fournit, pour l'équation analogue

$$(\mathrm{E}')\qquad \delta\Psi(\mathrm{O}, \mathrm{O}') = -\int\!\!\int \Psi(\mathrm{O}, \mathrm{M}), \Psi(\mathrm{M}, \mathrm{O}')\,\delta n\, d\mathrm{S},$$

une solution, lorsqu'on prend pour g la fonction de Green relative à l'équation de la chaleur à deux dimensions

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial u}{\partial z} = 0.$$

(L'intégrale du second membre est alors étendue à la portion d'une surface arbitraire comprise entre les deux plans $z = \text{const.}$, menés par O, O′.)

Une autre solution de (E′) est fournie par l'équation biharmonique

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)^2 u = 0$$

(moyennant l'extension à cette équation des résultats connus pour le cas du plan et de la fonction de Green correspondante) : c'est, Γ désignant cette dernière fonction, la quantité (1).

ASTRONOMIE. — *Coordonnées; Instruments et Travaux de l'Observatoire du Collége de France.* Note (¹) de M. G. **Bigourdan.**

Coordonnées. — Lalande donne accidentellement (*Mém. Acad.*, 1788, p. 224) $\Delta\mathcal{L} = 2^s,2$E; et cette valeur est répétée (Table T_3) dans tous les volumes de la *Connaissance des Temps* de 1777 à 1808.

Pour la latitude, il y a beaucoup moins d'accord, les valeurs de la liste T_3 variant de 48°50′58″ à 48°51′7″; aussi je n'adopterai que les $\Delta\varphi$, dont les derniers sont $\Delta\varphi = 0'44''$.

Ces deux nombres : $\Delta\mathcal{L} = 2^s,2\,(672^m,67)$ et $\Delta\varphi = 0'44''\,(1359^m,0)$, reportés sur le plan actuel de Paris à $\frac{1}{500}$, correspondent à un point situé tout à fait en dehors de l'enceinte du Collége, au sud-est de la tour de Regnault. Nous ne pouvons donc en tirer aucune conclusion, et nous nous bornerons à donner les coordonnées du milieu de la terrasse actuelle, d'après le même plan à $\frac{1}{500}$, savoir :

$\Delta\mathcal{L} = 648^m,5 = 0'31'',81 = 2^s,121$ E; $\Delta\varphi = +1384^m,7 = 0'44'',83$; $\varphi = +48°50'55'',83$.

Instruments. — « Le 8 mai [1775], écrit Dagelet, j'ai démonté les instrumens pour les transporter au Collége Royal... » Ainsi, les premiers instruments furent ceux de l'observatoire de la place du Palais Royal.

1. La *lunette méridienne*, dit Dagelet (C.5, 4, p. 251), fut modifiée :

On y a fait faire quelques changements par M. Mégnié, qui est l'artiste que M. de la Lande avoit préposé à la direction de cet observatoire. Cette lunette est actuellement montée sur un chassis de fer qui a coûté 400# et qui passe au travers de la muraille; les coussinets de la lunette sont d'une manière plus intelligente que dans l'origine de cet instrument; on peut vérifier la lunette avec des mires dans le nord (c'étoit des parties de la balustrade de S Eustache et une croix d'église) au moyen d'une espèce de cavité que j'ai faite (²) sous le toit du q. de cercle. J'avois même en général soin de regarder sur ces mires s'il n'y avoit pas de changement sensible dans la position de la lunette, toutes les fois que j'avois fait une observation.

Et un peu plus loin (p. 262) il donne une esquisse du « gros bâti de fer scellé dans la muraille qui forme une espèce de console d'un seul morceau qui porte l'axe de la lunette ».

(¹) Séance du 19 janvier 1920.

(²) Le 13 février 1776 (C.5, 4, p. 22). Il n'est pas impossible que la lunette méridienne ait occupé deux positions successives. Et dans (C.5, 5, p. 16) Lalande dit que les trous ont été « faits dans la bordure du cône » [qui abrite le quart du cercle].

2. Le *quart de cercle mural* de la rue des Postes : il y fut porté en septembre 1782, et Le François commença de s'en servir le 22 juillet 1788 (C.5, 7, p. 1 et 204).

3. Un *quart de cercle* mobile que Lalande prêta ensuite à Dagelet pour l'École militaire et qui fut remplacé par le n° 6.

4. Un petit *quart de cercle* mobile de 20 pouces de rayon, dit de Camus, parce que, fait par Langlois pour le voyage de Laponie, il fut laissé entre les mains de ce membre de la mission. Prêté plus tard à de Courtanvaux, Lalande le retira en 1782 et le prêta à Delambre de 1785 à 1793.

5. Un *secteur*, qui paraît être celui de La Caille (n° 10), de 6 pieds de rayon.

6. Le *sextant* (ou *secteur*) de 4 pieds de l'École militaire, pris en échange du n° 3. C'est sans doute celui dont Lefèvre se servait en 1779 janvier, pour observer des taches du soleil (*Mém. Acad.*, 1778, p. 418).

7. Un *octant*, cité à propos de l'observation de l'éclipse de Lune du 7 mars 1784.

8. Une *pendule* de Julien Le Roy, à tige compensée.

9. Une *pendule* de Lepaute : c'est peut-être celle dont Delambre (VI, 576) dit que son balancier pèse 70 livres.

10. Une « vieille » *pendule* de Boucher, mise en place le 15 avril 1776 et comparée alors à celle de Lepaute.

Diverses lunettes qu'il est difficile d'individualiser. Nous y distinguons :

11. Une *lunette* parallactique, la même sans doute qui était d'abord à la place du Palais-Royal (n° 4) et qui paraît être aussi celle dite de l'abbé Bouriot [1], cassée vers la fin de 1776; Lalande la jugeait très bonne. C'est sans doute celle de $6^{pi}3^{po}$ de foyer mentionnée par Lalande (*Astr.*, II, 578).

12. Une *lunette* achromatique de Dollond, à trois verres, la même aussi sans doute que le n° 5 de la place du Palais-Royal; paraît être celle dont on donne les courbures des verres dans *J. des Sav.*, 1772, p. 829. On dit là qu'elle a $43^{po}5^{li}$ de foyer et $3^{po}4^{li}$ d'ouverture; grossissements: 56, 68 et 101. « Comme elle est très bonne, il seroit aisé de la faire grossir 140 fois. »

Cette lunette paraît être celle que parfois on appelle simplement « la grosse lunette ».

---

[1] L'abbé Bouriot, dit parfois Bouriot de Bazas (*J. de Phys.*, 79, 234), habile opticien, perfectionna considérablement le sphéromètre, dont la première idée est attribuée à De la Roue (*J. des Sav.*, 1772, p. 828-829).

13. Un grand *micromètre*.
14. Un autre *micromètre*, fait par Mégnié en 1782.

Le laboratoire de Physique générale du Collège de France possède actuellement de vieux instruments dont les suivants paraissent provenir de l'ancien observatoire; nous indiquons leurs principales caractéristiques afin de permettre à l'occasion des identifications :

a. Lunette méridienne, avec cette inscription gravée sur le cube central : *Lenoir Paris* 1790 [1]. Longueur : $1^m,30$; ouverture totale : $0^m,08$; l'objectif a peut-être été changé. — Coussinets réglables chacun par une vis micrométrique. — Longueur de l'axe de rotation, entre les plaques des coussinets : $0^m,91$. Cet axe entraîne une alidade qui se déplace sur un demi-cercle pour indiquer les hauteurs; ce demi-cercle, tourné vers le bas, et dont le diamètre est horizontal, porte une division où chaque degré est subdivisé en six parties. La graduation a son zéro à la partie inférieure et croît dans les deux sens de 0° à 90°.

b. Quart de cercle mobile, divisé par transversales; l'arc, de 90°, a $0^m,638$ de rayon à l'intérieur des transversales, qui sont longues de $0^m,028$. Vers le centre de gravité de l'instrument se trouve une plaque gravée portant des armoiries avec cette inscription gravée également : *Langlois Paris* 1738. L'arc de l'instrument a reçu un prolongement taillé en queue d'aronde et soudé, en laiton plus clair, et sur lequel on a gravé : *Fait par Langlois Ingenieur du Roy a Paris.*

Le centre de courbure de l'arc divisé ne présente rien de particulier. L'instrument est porté par un axe perpendiculaire à son plan et situé à la hauteur du centre de gravité, c'est-à-dire derrière la plaque gravée. Cet axe est supporté par un pied à quatre branches qui permet les mouvements de l'instrument en azimut, mouvements qui sont mesurés par un petit cercle.

Le micromètre de la lunette a sa tête divisée en 100 parties.

c. Quart de cercle mobile dont l'arc a $0^m,99$ de rayon extérieur. Cet arc est divisé par des traits, de demi en demi-degré, et chiffré de degré en degré; il se prolonge un peu au delà de 90°, mais il n'en est pas de même de sa division. La lunette a un micromètre dont le tour porte deux divisions concentriques et identiques, en 100 parties, mais chiffrées en sens contraires.

---

[1] C'est visiblement celle qui fut construite d'abord pour le dernier observatoire de l'École militaire (voir *Bulletin astron.*, t. 5, 1888, p. 31).

Le limbe porte cette inscription gravée : *Fait par Langlois Ingenieur du Roy A Paris aux Galleries du Louvre en* 1743. L'instrument est monté sur un pied à quatre branches, comme celui du quart de cercle précédent, mais qui n'a pas de cercle azimutal.

d. Secteur de 50°, de $1^m,295$ de rayon intérieur, divisé de demi en demi-degré. En face du centre de gravité et de l'axe qui supporte tout l'instrument se trouve cette insertion gravée : FAIT PAR CANIVET *Ingenieur du Roy pour les Instruments de Mathematique et de Messieurs de l'Academie Royal des Sciences. A la Sphère A Paris* 1762.

L'instrument, qui paraît être le n° 6 de la liste ci-dessus, a deux lunettes rectangulaires dont l'une passe par le zéro de la division; elles sont munies chacune d'un micromètre dont le tour de vis est divisé en cent parties par deux divisions concentriques et identiques, mais chiffrées en sens inverses, et portant cette même inscription : *Canivet A la Sphere a Paris*, 1762.

Il est porté par un pied à quatre branches, comme les deux précédents ; et un petit cercle de $0^m,12$ de diamètre, qui porte la même inscription que les micromètres, mesure les déplacements en azimut.

Observations. — Il ne nous est parvenu qu'une partie des registres de cet observatoire, savoir : les n°s 1, 2, 5 et 6 ci-après; mais j'ai retrouvé, sur ceux qui nous manquent, des indications éparses résumées dans le Tableau suivant :

	Registres.	Intervalles.	Remarques.
1.	C.5, 4.	1775 oct. 19 — 1777 mars 26*	Copie. Obs. de Dagelet (voir plus haut).
2.	C.5, 5.	1776 janv. 2 — 1779 janv. 23	Original.
3.	»	1779 janv. — 1780 août	Obs. de Lefèvre.
4.	»	1780 août 10 — 1783 mai 31	
5.	C.5, 6.	1783 juin 1 — 1785 déc. 31	Copie. Obs. de Le François seul.
6.	C.5, 7.	1786 janv. 2 — 1788 déc. 30	Id.
7.	»	1789 janv.	Original. Gr. in-f° commençant avec 1789, mais n'a que 5 pages écrites.
8.	»	« La suite est sur les petits cahiers de l'École militaire », sans doute parce que c'est à l'observatoire de cette École que travaillent dès lors les divers élèves, comme nous allons voir.	

Outre Lalande et les élèves dont nous parlerons plus loin, les principaux

observateurs du Collége de France furent Dagelet jusqu'à son départ pour l'École militaire (1777) et Le François (¹).

Les observations méridiennes, relatives surtout aux planètes, sont du type que nous avons déjà indiqué plusieurs fois. Les observations équatoriales, faites au micromètre rhomboïdal, paraissent prendre un peu plus d'extension; celles de taches solaires sont assez nombreuses et l'on y observe les satellites de Jupiter par la méthode des diaphragmes. On y fait aussi des observations météorologiques irrégulières.

De tout cela il n'a été publié que des observations accidentelles qui se trouvent dans *Mém. Acad.* de 1776 à 1789; ce qu'on pourrait aujourd'hui tirer d'utile de ce qui est inédit se réduit à fort peu de chose.

MÉCANIQUE. — *Sur les plus grandes distances franchissables par les avions et les plus grandes vitesses réalisables*. Note [2] de M. **A. Rateau**.

En avion, on a pu déjà franchir, sans escale, des distances supérieures à 3000^{km}, par exemple la traversée de l'Atlantique entre Terre-Neuve et l'Irlande. Jusqu'à quelle limite est-il possible d'aller, en air calme, avec les moyens dont on dispose actuellement? Telle est la question que je me propose de résoudre dans cette Note.

On verra que, s'il apparaît possible de dépasser 5000^{km}, et même 6000^{km}, par contre, il est douteux que l'on puisse atteindre 7000^{km}.

Pour l'établissement des formules générales de l'avion, je renverrai à mes quatre Communications précédentes de juin et juillet 1919. Reprenons ici les mêmes notations; en outre, appelons :

P_0 le poids total de l'avion au départ, en kilogrammes;
P_1 le poids net à la fin du voyage, lorsque l'essence et l'huile sont consommées;
Π la puissance du moteur, en kilogrammètres par seconde, à un moment quelconque.

(¹) *Michel-Jean-Jérôme* Le François (Courcy, près de Coutances, 1766 avril 21 — † Paris, 1839 avril 7), neveu (à la mode de Bretagne) de Jérôme Lalande, et adopté par lui, prit ainsi le nom de son oncle; il est plus connu sous le nom de Lalande *neveu*. Il commença d'observer avec Lalande en mars 1781, remplaça Dagelet à l'École militaire (1789), travailla quelque temps à la méridienne avec Delambre (1792) et fit en grande partie (1789-1801 janvier 15) les observations des 50000 étoiles qui forment le catalogue de Lalande. Il fut élu adjoint au Bureau des Longitudes le 27 messidor an III (1795 juillet 27) et à l'Institut le 26 décembre 1801.

Sa femme, née *Marie-Jeanne* Harlay, a fait divers calculs; et son fils aîné, *Isaac Lalande*, promettait d'être le troisième astronome du nom (Lalande, *Bibl.*, p. 851); mais il ne persista pas.

(²) Séance du 9 février 1920.

La vitesse v d'avancement est liée au recul σ de l'hélice, à sa vitesse n de rotation et à son pas efficace H par

(1) $$v = n\mathrm{H}(1-\sigma).$$

Le poids P de l'avion et la résistance R à l'avancement (en kilogrammes) sont liés à la vitesse v et au poids spécifique ϖ de l'air par

(2) $$\mathrm{P} = \mathrm{Y}\varpi v^2,$$

(3) $$\mathrm{R} = \mathrm{X}\varpi v^2,$$

où Y et X sont, pour un avion déterminé, des fonctions de l'incidence α seule.

Appelant ρ le rendement de l'hélice, la puissance du moteur est

(4) $$\Pi = \frac{\mathrm{R}v}{\rho} = \frac{\mathrm{X}\varpi v^3}{\rho}.$$

Divisons (2) et (4) membre à membre; il vient

(5) $$\frac{\Pi}{\mathrm{P}} = \frac{\mathrm{X}v}{\mathrm{Y}\rho}.$$

D'autre part, si l'on admet d'abord que le couple utile Γ du moteur est proportionnel au poids spécifique ϖ de l'air aspiré par lui (sans turbo-compresseur d'alimentation, bien entendu),

(6) $$\Gamma = \mathrm{A}\varpi,$$

on trouve [formule (25) de ma Note du 23 juin 1919] que ϖ est lié à P et aux caractéristiques de l'avion, de l'hélice et du moteur par

(7) $$\varpi = \psi\frac{\mathrm{X}}{\mathrm{Y}}\frac{\mathrm{H}}{2\pi\mathrm{A}}\mathrm{P} = \Phi\frac{\mathrm{H}}{2\pi\mathrm{A}}\mathrm{P},$$

où ψ est une fonction du recul de l'hélice, égale au rapport $\frac{\varphi(\sigma)}{f(\sigma)}$ des fonctions du couple résistant et de la traction de l'hélice. Mais, dans les vols en palier, le recul σ est déterminé uniquement par l'incidence d'après la relation (6) de ma Note du 10 juin 1919; $\psi\frac{\mathrm{X}}{\mathrm{Y}}$, que nous avons représenté par Φ, pour simplifier l'écriture, n'est donc, en palier, fonction que de cette incidence.

Il est évident que, pour consommer le moins possible d'essence et d'huile, il faudrait voler à l'incidence optimum, qui correspond au minimum de $\frac{\mathrm{X}}{\mathrm{Y}}$; mais on serait ainsi près du plafond, où l'on perd beaucoup de vitesse et où

le régime est peu stable. Il suffit de se tenir à des incidences légèrement inférieures à l'optimum qui donnent à $\frac{X}{Y}$ des valeurs très voisines du minimum, par exemple 3°,5 à 4° si l'optimum est 5°. L'avion reste alors à environ 400^m au-dessous du plafond; et il est inutile de faire varier l'incidence, puisqu'on ne gagnerait que très peu [1].

Supposons donc que, pendant tout le trajet, le pilote maintient l'incidence constante, sauf ce qu'il lui faut faire au départ pour s'élever au-dessus des obstacles du sol.

Dans ces conditions, (7) montre que ϖ varie proportionnellement à P; l'avion gagne peu à peu de la hauteur à mesure que l'essence et l'huile sont consommées. (2) prouve ensuite que la vitesse v est constante, et, comme le recul de l'hélice et son rendement le sont aussi, (5) montre que la puissance du moteur Π doit être proportionnelle à P. C'est bien ce qui est réalisé, puisque, d'après (1), n est constant, et que, d'après (6), le couple est proportionnel à ϖ, c'est-à-dire aussi à P.

Maintenant, soit E la consommation d'essence et d'huile du moteur, en kilogrammes par cheval-heure; elle est constante parce que nous avons supposé le couple proportionnel à ϖ, ce qui néglige les résistances passives du moteur. Nous avons, dans un temps dt, estimé en secondes,

$$dP = -\frac{\Pi E}{75.3600}dt. \tag{8}$$

Le parcours $dL = v\,dt$ effectué par l'avion dans ce temps est, d'après (5),

$$dL = \frac{Y}{X}\rho\frac{\Pi}{P}dt. \tag{9}$$

Remplaçons dt par sa valeur en dP tirée de (8); il vient, en évaluant désormais L en kilomètres,

$$dL = -270\frac{\rho}{E}\frac{Y}{X}\frac{dP}{P}. \tag{10}$$

Intégrons et introduisons le module M des logarithmes, égal à 0,4343,

$$L = \frac{270}{M}\frac{\rho}{E}\frac{Y}{X}\log\frac{P_0}{P} \qquad (\text{log vulg.}). \tag{11}$$

---

[1] D'ailleurs, je montrerai ultérieurement que, à cause des résistances passives du moteur, le minimum de consommation se produit effectivement à quelques centaines de mètres au-dessous du plafond.

Puisque P est proportionnel à ϖ, $\frac{P_0}{P}$ peut être remplacé par $\frac{\varpi_0}{\varpi}$; mais $\log \frac{\varpi_0}{\varpi}$ est à peu près proportionnel à l'altitude Z, tant qu'on reste en dessous de la stratosphère: (11) montre que la pente de la trajectoire demeure sensiblement constante; elle est d'ailleurs très faible, moins de $1^m,5$ par kilomètre, ainsi que nous allons le voir. Nous n'avons donc pas commis d'erreur sensible en admettant initialement que nous sommes dans le cas des vols horizontaux.

Quand la provision d'essence et d'huile est épuisée, le poids P est devenu P_1, et la formule (11) donne la distance franchissable.

Application. — Le rapport optimum $\left(\frac{Y}{X}\right)_m$, inverse de la finesse, avec des avions bien faits, s'élève à 9. On peut même escompter la possibilité d'atteindre 10. Mais, ici, on est un peu au-dessous du plafond; de plus, les réservoirs d'essence sont très volumineux. Il semble donc difficile d'admettre que $\frac{Y}{X}$ en l'espèce, puisse dépasser notablement 8 : supposons 8,5.

L'hélice, travaillant à recul constant, sera naturellement calculée assez large pour que ce recul soit précisément celui du rendement maximum. Or, ce rendement maximum, avec les bonnes hélices, atteint 0,75, peut-être 0,78, peut-être même 0,80; admettons 0,75.

La consommation E d'essence et d'huile, pour les bons moteurs, avec carburation parfaite, est de l'ordre de $0^{kg},270$ par cheval-heure.

Remplaçons dans (11) les symboles par les valeurs ci-dessus; nous avons

$$L\ \text{limite} = 14679^{km} \log \frac{P_0}{P_1}. \tag{12}$$

C'est le rapport $\frac{P_0}{P_1}$ des poids totaux au départ et à l'arrivée qui a le plus d'influence sur le rayon d'action. On peut aisément réaliser des avions qui enlèvent une charge d'essence et d'huile égale à leur poids propre, y compris celui des réservoirs, du pilote et de tout ce qui lui est nécessaire; sans doute encore 1,5 fois le poids propre; 2 fois est moins certain; davantage serait bien difficile.

Dans ces diverses hypothèses, la formule (12) donne les distances franchissables inscrites dans la première partie du Tableau. Les altitudes atteintes sont marquées dans la troisième colonne; elles ont été calculées par la formule (27) de ma Note du 23 juin 1919.

Parvenu à cette hauteur, l'avion peut encore descendre en vol plané sous

l'incidence optimum, et franchir une distance supplémentaire égale à 8,5 fois l'altitude. Le résultat final L_m est donné dans la quatrième colonne.

La pente de la trajectoire de montée est, dans tous les cas, $1^m,47$ par kilomètre.

Dans la formule (11) de la distance franchissable, la puissance du moteur n'entre pas et la consommation kilométrique en est indépendante. Il semblerait donc qu'il y ait avantage à adopter un moteur faible, de poids moindre qu'un moteur puissant; cependant, il faut que la puissance soit suffisante pour enlever la charge totale sous une incidence inférieure de $1°$ à $1°,5$ à l'optimum.

Cette formule était déjà connue. Elle a été donnée par M. R. Devillers, dans son ouvrage *La Dynamique de l'Avion.*

Mais elle ne tient pas compte des résistances passives du moteur; elle indique, par conséquent, des chiffres trop forts.

Les pertes du moteur produisent un couple résistant sensiblement constant; au lieu de $\Gamma = A\varpi$, il faut donc, plus correctement, poser

$$\Gamma = A'(\varpi - \upsilon), \tag{13}$$

A' et υ étant deux constantes caractéristiques du moteur; et, dans la relation (7), nous devons remplacer A par $A'(\varpi - \upsilon)$. Elle devient, ainsi,

$$\varpi - \upsilon = \Phi \frac{H}{2\pi A'} P. \tag{14}$$

P n'est plus proportionnel à ϖ, mais à $\varpi - \upsilon$; dès lors, on a :

$$\frac{\varpi - \upsilon}{\varpi_0 - \upsilon} = \frac{P}{P_0}; \qquad \text{d'où} \qquad \frac{dP}{P} = \frac{d\varpi}{\varpi - \upsilon}. \tag{15}$$

Comme précédemment, la vitesse v sur trajectoire est constante, d'après (5), parce que Π et P sont tous deux proportionnels à $\varpi - \upsilon$.

D'autre part, la consommation d'essence, à vitesse déterminée du moteur et carburation bien réglée, est proportionnelle à ϖ, tandis que le couple l'est à $\varpi - \upsilon$; la consommation E par cheval-heure, égale à E_0 au sol, varie donc comme $\frac{\varpi}{\varpi - \upsilon}$, et l'on a

$$E = E_0 \frac{\varpi(\varpi_0 - \upsilon)}{\varpi_0(\varpi - \upsilon)}. \tag{16}$$

Dans la relation différentielle (10), remplaçons $\frac{dP}{P}$ et E par les valeurs

ci-dessus, et intégrons; nous avons maintenant :

$$(17) \qquad \mathcal{L} = \frac{270}{M}\frac{\rho}{E_0}\frac{Y}{X}\frac{\varpi_0}{\varpi_0 - \upsilon}\log\frac{\varpi_0}{\varpi}.$$

Comme l'altitude Z varie à peu près comme $\log\frac{\varpi_0}{\varpi}$, on voit qu'ici encore la pente de la trajectoire est sensiblement constante, mais plus petite que dans le premier cas; le rapport des pentes est $1 - \frac{\upsilon}{\varpi_0}$. La vitesse d'ascension est aussi constante.

Si l'on veut $\mathcal{L}$ en fonction de P, il suffit de substituer à ϖ sa valeur tirée de (15).

$$(18) \qquad \mathcal{L} = \frac{270}{M}\frac{\rho}{E_0}\frac{Y}{X}\frac{\varpi_0}{\varpi_0 - \upsilon}\left[\log\frac{P_0}{P} - \log\left(1 + \frac{\upsilon}{\varpi_0}\frac{P_0 - P}{P}\right)\right].$$

Pour l'application, partons des mêmes données : $\rho = 0,75$; $E_0 = 0,270$; $\frac{Y}{X} = 8,5$; et supposons $\varpi_0 = 1,22$, et $\upsilon = 0,1$ qui correspond à de bons moteurs. Nous obtenons les nouveaux chiffres de la deuxième partie du Tableau :

$\frac{P_0}{P_1}$.	L.	Z.	L_m.	$\mathcal{L}$.	Z.	$\mathcal{L}_m$.	r. pour 100.
	km	m	km	km	m	km	
2	4419	6502	4474	4266	5763	4315	3,55
2,5	5841	8595	5914	5558	7508	5622	4,94
3	7004	10306	7091	6575	8882	6650	6,21

La réduction *r* du rayon d'action due aux pertes dans le moteur, inscrite dans la dernière colonne, s'élève de 3,5 pour 100, pour le premier cas, à 6,2 pour 100, pour le troisième.

Nous avons supposé $\rho = 0,75$; si nous avions admis $\rho = 0,78$, peut-être réalisable, tous les chiffres auraient été accrus de 4 pour 100, et le dernier, 6650, serait devenu 6916, encore inférieur à 7000^{km}.

Il apparaît donc que cette distance de 7000^{km}, d'ailleurs considérable, est la limite de ce que l'on peut espérer atteindre dans les conditions actuelles. Pour la franchir, il faudrait que l'on puisse construire des avions capables de quitter le sol avec une charge d'essence et d'huile plus forte que deux fois leur poids propre, et assurer, sans augmentation de poids bien sensible, l'existence des pilotes, pendant des dizaines d'heures, à des altitudes de l'ordre de 8000^m et plus.

Vitesses maxima réalisables. — Incidemment, on remarquera que la formule (5), dans laquelle le poids spécifique de l'air n'entre pas, impose une limitation de la vitesse, quelle que soit l'altitude du vol.

Il existe aujourd'hui des appareils dans lesquels le moteur est assez puissant pour que le poids total enlevé tombe à $3^{kg},5$ par cheval. Remplaçons $\frac{\Pi}{P}$ par $\frac{75}{3,5}$, et donnons à ρ et à $\frac{Y}{X}$ les valeurs aisément réalisables 0,75 et 8, respectivement; nous trouvons $v = 128^{m},5$ par seconde, soit 463^{km} à l'heure.

Tel est l'ordre de grandeur de la limite de vitesse que, dans les conditions présentes, il est permis d'envisager.

N'était le danger d'envol et d'atterrissage à des vitesses pareilles, on voit qu'il serait techniquement facile de dépasser la vitesse de 276^{km} par heure, atteinte récemment par M. Sadi-Lecointe sur avion Nieuport.

Toutefois, vouloir le faire dans les basses couches de l'atmosphère conduirait à réduire la surface de voilure à quelques mètres carrés, et il en résulterait une forte diminution du rapport $\frac{Y}{X}$ et par suite de la vitesse. Ces énormes vitesses ne sont donc vraiment réalisables qu'aux très hautes altitudes, où l'emploi du turbo-compresseur devient nécessaire.

M. **Andoyer** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1920 : des circonstances indépendantes de notre volonté en ont retardé l'apparition jusqu'à ce jour.

Comme chaque année, le présent Annuaire est divisé en cinq Chapitres principaux. Le premier de ces Chapitres est relatif au calendrier pour 1920 : il contient en particulier les prédictions des divers phénomènes célestes et des marées, ainsi qu'une étude sommaire des différents calendriers en usage et leur concordance.

Le second Chapitre est consacré à la Terre ; on y trouve un article de M. G. **Bigourdan** sur la sismologie, et les indications nécessaires sur la météorologie et le magnétisme terrestre, surtout en France, en Tunisie, en Algérie et au Maroc.

Le troisième Chapitre est intitulé Astronomie. On peut y signaler le tableau relatif à l'heure légale dans les différents pays du monde, et la suite d'une importante Notice de M. G. **Bigourdan** consacrée à l'étude des cadrans solaires ; on y a introduit cette année une éphéméride propre à faciliter les observations physiques du Soleil ; le tableau des petites planètes définitivement numérotées a été complété et mis à jour. L'article sur les constellations, dû à M. **Bigourdan**, et les cartes qui l'accompagnent

rendront les plus grands services pour l'étude du ciel étoilé. Enfin, le Bureau des Longitudes est heureux d'exprimer sa reconnaissance à M. de Gramont qui a bien voulu nous continuer sa précieuse collaboration en revisant et mettant au courant des derniers progrès réalisés sa très importante Notice sur la spectroscopie céleste.

Le quatrième Chapitre est consacré aux poids et mesures et aux monnaies. On y trouve le tableau des mesures légales françaises, y compris les nouvelles mesures sur lesquelles je reviendrai dans un instant. Je signale encore le tableau des unités du système C. G. S.; les mesures américaines (États-Unis), anglaises, russes et japonaises, ainsi que leur comparaison aux mesures françaises; la comparaison des thermomètres; les mesures employées sur les cartes marines; le tonnage des navires.

Le tableau des monnaies en circulation en France, dans les colonies et protectorats français et dans les pays étrangers est très complet et se termine par une Note sur la fabrication de l'orfèvrerie et de la bijouterie.

Le cinquième Chapitre renferme un très grand nombre de données physiques et chimiques qu'il est impossible d'énumérer ici, même sommairement. De nombreux collaborateurs, que je remercie au nom du Bureau des Longitudes, ont bien voulu nous apporter leur concours pour la rédaction de ce Chapitre, qui doit être constamment tenu à jour.

Je signale, en particulier, le tableau très intéressant des longueurs d'onde des radiations connues, dû à M. le général Ferrié, celui des constantes relatives à l'état critique, par M. Mathias, etc.

Comme d'habitude, le cinquième Chapitre sera consacré, l'année prochaine, aux données géographiques et aux statistiques démographiques.

Un supplément donne les éléments principaux du calendrier pour 1921.

Le Volume se termine par deux Notices scientifiques. La première est due à M. J. Renaud, directeur d'Hydrographie, et traite de la prévision de la houle. L'auteur montre comment on a pu organiser sur la côte occidentale du Maroc un service permettant de prévoir, avec une probabilité dépassant 90 pour 100, l'arrivée de ces fortes houles ou raz de marée qui se produisent subitement, avec des effets souvent désastreux, l'atmosphère restant calme et aucun indice observé dans le temps local ne permettant de prévoir un changement dans l'état de la mer. Comme l'a montré M. le capitaine Gain, ces phénomènes sont dus presque toujours à la propagation assez lente des fortes houles causées par les dépressions qui se produisent sur l'océan Atlantique dans un espace compris entre deux lignes : l'une joignant la pointe sud du Grœnland aux Açores, l'autre la pointe sud-ouest

de l'Islande à Casablanca. Toute dépression ayant séjourné un temps assez long sur cette partie de l'océan donne naissance à des vents violents du Nord-Ouest et produit une forte houle qui, se propageant avec une vitesse d'environ 20 milles à l'heure, met de 3 à 5 jours pour atteindre le rivage du Maroc. Dans ces conditions, on peut être averti de la présence de cette dépression au moins 48 heures avant l'arrivée de la houle, et prendre, par suite, toutes les précautions nécessaires.

La méthode doit être perfectionnée et généralisée pour tous les ports de la côte ouest de l'Espagne, du Portugal, de l'Afrique au sud du Maroc.

La seconde Notice a été consacrée par M. **Ch. Lallemand** aux nouvelles unités légales de mesures industrielles (système M. T. S., unités géométriques, mécaniques, électriques, caloriques et optiques).

Une loi du 2 avril 1919 et un décret du 26 juillet suivant ont institué de nouvelles unités légales de mesure répondant aux nécessités du Commerce et de l'Industrie. Les textes complets de cette loi et de ce décret, avec le tableau général des unités commerciales et industrielles, terminent la Notice dans laquelle M. **Lallemand** passe rapidement en revue les phases successives par lesquelles a passé cette question depuis l'origine. Je n'y insisterai pas, car l'Académie a été intimement associée à l'élaboration du nouveau système d'unités, et je me contenterai d'adhérer pleinement aux conclusions de M. **Lallemand** qui termine ainsi son très intéressant exposé :

« Vu les grands avantages qu'il présente sur tous les autres systèmes, au double point de vue de la simplicité et de l'homogénéité, on est en droit d'espérer l'adoption, dans un avenir prochain, du nouveau système légal des unités industrielles par toutes les nations ayant adhéré déjà au Système métrique. »

Le **Prince Bonaparte** fait hommage à l'Académie d'une collection de 100 phototypies exécutées d'après des *photographies* prises au cours d'un *voyage anthropologique chez les Lapons*. Chaque planche est consacrée à un Lapon, représenté de face et de profil. La population laponne qui occupe actuellement une partie de la Norvège, de la Suède et de la Finlande, se compose d'environ 25000 individus, dont un petit nombre est encore nomade. Deux cents individus ont pu être étudiés, et il résulte des observations qu'ils sont tous brachycéphales : indice céphalique de 87,65 pour les hommes, et de 86,17 pour les femmes. Quant à la taille, elle est de $1^m,53$ pour les premiers, et de $1^m,47$ pour les secondes.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de sir *William Ramsay*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

M. Ciamician	obtient.	40 suffrages
M. Guye	»	3 »
Sir Norman Lockyer	»	3 »
M. Michelson	»	2 »

M. **Giacomo Ciamician**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Volterra*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

M. L. Bianchi	obtient	30 suffrages
Sir Joseph Larmor	»	16 »
M. Birkhoff	»	1 suffrage
M. Fredholm	»	1 »

M. **L. Bianchi**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce le décès de M. *Zeuthen*, Correspondant pour la Section de Géométrie, survenu à Copenhague le 6 janvier 1920.

M. **Lugeon**, élu Correspondant pour la Section de Minéralogie, M. **Leclerc du Sablon**, élu Correspondant pour la Section de Botanique, et M. **Charles Nicolle**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adressent des remercîments à l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur une généralisation du problème de Pfaff.* Note (1) de M. G. **Cerf**, présentée par M. E. Goursat.

L'étude des intégrales multiples étendues à des variétés à un nombre quelconque de dimensions a conduit les mathématiciens à considérer les formes *symboliques* de différentielles qui figurent sous le signe d'intégration. Soit ω_p une telle forme à n variables et de degré p :

$$\omega_p = \Sigma A_{\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_p} dx_{\alpha_1} dx_{\alpha_2} \ldots dx_{\alpha_p},$$

le signe Σ étant étendu à toutes les combinaisons des n indices p à p. Le problème de Pfaff (2) relatif à ω_p consiste à trouver dans l'espace à n dimensions toutes les multiplicités M_t à t dimensions $(p \leqq t < n)$ telles que l'intégrale $\int \omega_p$ étendue à une multiplicité quelconque d'ordre p située sur M_t soit nulle.

Dans le Mémoire cité, M. Goursat signalait l'intérêt qui s'attache à la détermination du maximum τ de t; comme il le pressentait, on y arrive, pour les intégrales non singulières, en appliquant convenablement les méthodes que M. Cartan a employées pour la résolution du problème analogue relatif aux systèmes de Pfaff et, du même coup, on précise le plus haut degré de généralité de la solution du problème.

Il convient d'abord de rappeler que si l'équation $\omega = 0$ admet une multiplicité intégrale M_t $(t > p)$, M_t est aussi intégrale de l'équation $\omega' = 0$:

$$\omega' = \Sigma dA_{\alpha_1 \ldots \alpha_p} dx_{\alpha_1} dx_{\alpha_2} \ldots dx_{\alpha_p}.$$

(1) Séance du 9 février 1920.

(2) E. Goursat, *Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse,* 3e série, t. 7, 1915, éd. 1917, p. 1.

Suivant l'usage, nous désignons par E_q un élément à q dimensions, c'est-à-dire l'ensemble d'un point et d'une multiplicité plane à q dimensions passant par ce point.

Nous disons qu'un élément E_p est intégral, si les p éléments linéaires indépendants qui le déterminent sont en involution [1] relativement à $\omega = 0$; qu'un élément E_{p+q} est intégral si p quelconque des $p+q$ éléments linéaires qui le déterminent sont en involution par rapport à $\omega = 0$, si, de plus, $p+1$ quelconque d'entre eux sont en involution par rapport à $\omega' = 0$.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une multiplicité soit intégrale est que tous ses éléments soient intégraux.

On peut se proposer un problème analogue à celui de Cauchy, et l'on montre que toutes les fois que par un élément intégral E_{p+q} quelconque il passe un élément intégral E_{p+q+1}, par une multiplicité intégrale connue à $p+q$ dimensions, il passe une multiplicité intégrale à $p+q+1$ dimensions. Comme dans le cas des systèmes d'équations aux différentielles totales, la solution est donnée par un système de Kovalewsky; elle est unique si par un E_{p+q} intégral arbitraire il passe un seul E_{p+q+1} intégral; les calculs nécessaires à la démonstration sont toutefois plus compliqués. Et l'on est conduit aussi à définir une suite de nombres r_{p+q+1} tels que les éléments intégraux E_{p+q+1} qui passent par un élément intégral arbitraire E_{p+q} dépendent de r_{p+q+1} paramètres ($r_{p+q+1} = 0$ si les éléments E_{p+q+1} sont en nombre fini). Le nombre τ que nous nous proposions de déterminer est tel que par un élément intégral arbitraire $E_{\tau-1}$ il passe au moins un élément intégral E_τ, tandis que par un élément intégral arbitraire E_τ, il ne passe aucun élément intégral $E_{\tau+1}$. On peut énoncer un système de conditions géométriques qui déterminent complètement l'intégrale à τ dimensions et renseignent sur son degré de généralité.

Lorsque les coefficients de la forme ω sont quelconques, on trouve que

$$r_{p+q+1} = n - p - q - 1 - C^p_{p+q+1};$$

τ est le plus grand entier tel que

$$n - \tau \geqq C^p_\tau;$$

des valeurs approchées par excès et par défaut pour $n - \tau$ sont $\frac{n-p+1}{p+1}$ et $\frac{C^p_n(n-p+1)}{C^p_n + (n-p+1)}$.

---

[1] Pour le sens de cette expression, voir *loc. cit.*, p. 15.

Dans le cas où la forme ω est une différentielle totale symbolique sans autre particularisation, on détermine τ d'une manière semblable par

$$n-\tau \geqq C^{p}_{\tau-1}+1.$$

Par exemple, supposons que $p=2$: dans les circonstances les plus générales, τ est le plus grand entier contenu dans $\frac{\sqrt{8n+1}-1}{2}$; si ω est une différentielle totale quelconque, τ est le quotient par 2 de $n+1$; si ω est le produit de deux formes de Pfaff, en général τ est le plus grand entier contenu dans $\frac{1+\sqrt{8n-15}}{2}$. Ainsi, quand $n=6$, $\tau=3$ dans les trois cas; mais dans le premier, au contraire des deux autres, la solution générale ne dépend pas d'une fonction arbitraire de trois variables.

Il est à peine besoin d'indiquer que les résultats signalés s'étendent aisément aux systèmes formés par plusieurs équations du type de celles dont nous nous sommes occupés.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Calcul des ponts circulaires, comportant un seul contreventement et des entretoisements transversaux dans toute leur longueur.* Note (¹) de M. **Bertrand de Fontviolant.**

Un pont de ce type a été projeté et construit par les Établissements Daydé, pour la traversée du port de la Râpée-Bercy, par le chemin de fer métropolitain. A cette occasion, feu M. l'inspecteur général des Ponts et Chaussées Résal a publié (*Annales des Ponts et Chaussées*, t. 20, 1905, n° 51) un procédé de calcul des ouvrages de ce genre. Ayant reconnu que ce procédé ne tient compte qu'incomplètement des conditions statiques de l'équilibre des poutres du pont, nous avons cru utile d'établir une méthode correcte de calcul des ponts circulaires.

Un tel pont se compose : 1° de deux poutres incurvées en plan suivant deux arcs de cercles, de rayons r' et $r''<r'$, concentriques à l'axe courbe de la voie, de rayon r; 2° d'un contreventement horizontal; 3° d'entretoisements transversaux, disposés dans des plans normaux à l'axe courbe de la voie, et dans la constitution desquels entrent les poutrelles sous voie.

Appelons : 1° *section transversale du pont*, la section qui y est déterminée par un plan normal à l'axe courbe de la voie ; 2° *centre* de cette section, le point qui divise en deux parties égales la droite joignant les centres de gravité des sections déterminées

(¹) Séance du 9 février 1920.

par ce même plan dans les deux poutres; 3° *ligne médiane du pont*, le lieu du centre (arc de cercle de même rayon r que l'axe courbe de la voie); 4° *abscisse angulaire* d'une section transversale quelconque, l'angle ω du plan de cette section, avec celui de la section transversale extrême de gauche; 5° *abscisse curviligne* de cette section, l'arc $s = \omega r$ de la ligne médiane du pont; 6° *portée angulaire du pont,* l'angle γ des deux plans des sections extrêmes; 7° *portée curviligne du pont*, la longueur totale $l = \gamma r$ de la ligne médiane.

Les éléments de la réduction, au centre d'une section transversale quelconque du pont, des forces élastiques développées dans cette section, par les charges verticales auxquelles le pont est soumis, sont : une force verticale T (*effort tranchant du pont*), un couple M_t, d'axe normal à cette section (*couple de torsion du pont*) et un couple M, d'axe horizontal, situé dans le plan de la section (*couple de flexion du pont*).

Les éléments de la réduction, au centre de gravité d'une section transversale quelconque de la poutre de rayon r', des forces élastiques en cette section, sont : un effort tranchant vertical T′ et un couple de flexion M′.

En désignant par T″ et M″ les éléments de réduction analogues, pour la poutre de rayon r'', et par a l'écartement $r' - r''$ des deux poutres, on a, en toute section transversale du pont,

$$(1) \qquad T = T' + T'', \qquad M_t = \frac{(T' - T'')a}{2}, \qquad M = M' + M''.$$

Pour simplifier les calculs, nous y introduisons, à titre d'inconnue auxiliaire, la quantité S répondant à la formule de définition

$$(2) \qquad \frac{S}{r} = \frac{M'}{r'} + \frac{M''}{r''},$$

et que nous appelons *moment composé*. On a, par suite,

$$(3) \qquad M' = \frac{r'}{a}\left(M - S\frac{r''}{r}\right), \qquad M'' = \frac{r''}{a}\left(S\frac{r'}{r} - M\right).$$

Nous établissons : 1° que les charges verticales ne font naître aucune action mutuelle entre le contreventement et les poutres; 2° que les actions d'un entretoisement transversal quelconque, sur chacune des deux poutres, se composent d'une force verticale et de deux forces horizontales, appliquées sur les membrures supérieure et inférieure de la poutre, normalement auxdites membrures. Pour pouvoir traiter analytiquement la question, nous remplaçons les entretoisements transversaux, qui sont toujours nombreux, par une infinité d'entretoisements transversaux élémentaires;

les actions qu'ils exercent sur les poutres sont, dès lors, des actions continues.

Soient, *rapportées en chaque point à l'unité de longueur de la ligne médiane du pont :*

p, une charge continue, constante ou variable, distribuée suivant un arc de cercle, de rayon ρ, concentrique à la ligne médiane du pont;

q', l'action verticale exercée sur la poutre de rayon r', par un entretoisement transversal élémentaire quelconque, action comptée positivement dans le sens descendant;

u' et w', les actions horizontales exercées respectivement par ce même entretoisement sur la membrure supérieure et sur la membrure inférieure de la susdite poutre, actions comptées positivement dans le sens centripète ;

q'', u'' et w'', les actions analogues sur la poutre de rayon r''.

Nous formons les relations exprimant l'équilibre : 1° d'un entretoisement transversal élémentaire quelconque; 2° d'une tranche de chacune des deux poutres, comprise entre deux sections transversales d'abscisses angulaires ω et $\omega + d\omega$. De ces relations et de celles (1) et (2), nous déduisons les équations suivantes, dans lesquelles b désigne la hauteur des poutres :

$$(4)\qquad T' = \frac{1}{a}\left(\frac{dM}{d\omega} - Tr''\right), \qquad T'' = \frac{1}{a}\left(Tr' - \frac{dM}{d\omega}\right);$$

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned} q' &= \frac{M}{ar} + \frac{p(\rho - r'')}{a}, & u' &= -w' = \frac{M'}{rb},\\ q'' &= -\frac{M}{ar} + \frac{p(r' - \rho)}{a}, & u'' &= -w'' = \frac{M''}{rb};\end{aligned}\right.$$

$$(6)\qquad \frac{d^2M}{d\omega^2} + M = -pr\rho;$$

$$(7)\qquad \frac{1}{r}\frac{dS}{d\omega} = T;$$

$$(8)\qquad \frac{1}{r^2}\frac{d^2S}{d\omega^2} = -p.$$

L'expression de M peut s'obtenir par intégration de l'équation différentielle (6); mais, et c'est plus rapide, on peut la calculer directement par simple application de la définition du moment de flexion du pont. Ainsi, on trouve notamment, dans le cas d'une charge concentrée unique P, d'abscisse angulaire α, et située à une distance ρ du centre de la ligne médiane du pont,

$$M_{\omega<\alpha} = \frac{P\rho\sin(\gamma - \alpha)\sin\omega}{\sin\gamma}, \qquad M_{\omega>\alpha} = \frac{P\rho\sin\alpha\sin(\gamma - \omega)}{\sin\gamma}.$$

Les équations (7) et (8) conduisent au théorème suivant :

Quelles que soient les charges appliquées sur un pont circulaire, de portée curviligne l, en une section transversale quelconque, d'abscisse curviligne s, l'effort tranchant du pont T *et le moment composé* S *sont respectivement égaux à l'effort tranchant et au moment de flexion produits dans la section, d'abscisse rectiligne s, d'une poutre droite, de portée l, posée sur deux appuis simples, par les mêmes charges distribuées de façon que leurs abscisses rectilignes sur cette poutre soient égales à leurs abscisses curvilignes sur le pont.*

Dès lors, la marche à suivre pour le calcul d'un pont circulaire est la suivante. On déterminera : 1° T et S, par application du théorème ci-dessus; 2° M, par application directe de sa définition; $\frac{dM}{d\omega}$ s'ensuivra; 3° M′ et M″, par les formules (3); 4° T′ et T″, par les formules (4); 5° q', u', w', q'', u'' et w'', par les formules (5). On aura ainsi toutes les quantités nécessaires pour le calcul, par les procédés classiques, des fatigues produites dans toutes les parties du pont.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une condition équivalente à la monogénéité et sur la démonstration du théorème fondamental de Cauchy.* Note de M. **D. Pompeiu**, présentée par M. Appell.

1. Les conditions qui expriment que la fonction

$$w = f(z) = \varphi(x, y) + i\psi(x, y)$$

est *monogène* au point (x_0, y_0) sont susceptibles, comme on sait (¹), d'une interprétation géométrique remarquable :

Si l'on considère trois points z_1, z_2, z_3 dans le voisinage de z_0 et si l'on désigne par w_1, w_2, w_3 les valeurs que prend $f(z)$ en ces trois points : le triangle (w_1, w_2, w_3) tend, lorsque (z_1, z_2, z_3) se rapproche indéfiniment de z_0, à devenir semblable au triangle (z_1, z_2, z_3).

On peut exprimer ce fait, en écrivant que l'expression $\varpi_{123} = \frac{\sigma_{123}}{\alpha_{123}}$, où α_{123} est l'aire du triangle et $\sigma_{123} = w_1(z_2 - z_3) + w_2(z_3 - z_1) + w_3(z_1 - z_2)$ tend vers *zéro*, lorsque (z_1, z_2, z_3) tend vers z_0. En effet, si les deux triangles étaient semblables, la condition

$$\sigma_{123} = 0$$

exprimerait leur similitude, comme on peut le vérifier très simplement.

(¹) Voir, par exemple, Jordan, *Cours d'Analyse* (3e édition), t. 1, p. 185.

2. Je ne sais pas si l'on a déjà observé que l'on peut tirer, de la remarque précédente, une démonstration très simple du théorème fondamental de Cauchy.

Commençons par ramener, avec M. Jordan (*loc. cit.*, p. 192), la démonstration du théorème au cas où le contour fermé, au lieu d'être une courbe dont la notion est si délicate, se réduit à un contour polygonal ne se traversant pas lui-même, et remplaçons la courbe C par un polygone P, en procédant de la façon suivante.

Au moyen de trois familles de droites parallèles, divisons le plan en triangles : par chaque point de division passent *trois* droites (une de chaque famille).

Conservons seulement ceux des triangles qui sont, soit complètement intérieurs à la courbe C, soit traversés, soit touchés seulement par cette courbe.

De cette façon, nous obtenons une région du plan, délimitée par une ligne polygonale P et dont l'intérieur se trouve partagé en triangles.

Formons pour chacun de ces triangles (dont on a numéroté les sommets) tel que $z_p z_q z_r$, l'expression

$$\sigma_{pqr} = \varpi_p(z_r - z_q) + \varpi_q(z_p - z_r) + \varpi_r(z_q - z_p),$$

en supposant, bien entendu, qu'on ait choisi sur tous les triangles le même sens de parcours, et faisons la somme des expressions σ_{pqr} relatives à tous les triangles dont se compose le polygone P :

$$S = \Sigma\sigma_{pqr}.$$

On s'aperçoit immédiatement que, dans cette somme, tous les termes de la forme

$$\varpi_h(z_k - z_j),$$

relatifs à une même valeur ϖ_h, donnent une somme nulle si ϖ_h est la valeur de $f(z)$ correspondant à un point z_h, intérieur à la ligne polygonale.

Il ne reste donc, dans S, que des termes de la forme

$$(1) \qquad \varpi_p(z_r - z_q)$$

dans lesquels les ϖ_p sont des valeurs de $f(z)$ correspondant à des points z_p situés sur la ligne polygonale, frontière de P.

On reconnaît encore, très facilement, que dans S, ainsi réduit à la forme (1), les points z_q, *intérieurs* à P, disparaissent par *réduction*.

Il ne reste, finalement, dans S que des termes de la forme

$$w_{2k}(z_{2k+1} - z_{2k-1})$$

ou de la forme

$$w_{2k+1}(z_{2k+2} - z_{2k})$$

(en supposant le numérotage des points fait *concentriquement :* en commençant dans le sens direct par exemple, par les points-sommets de la ligne polygonale (P) qui forme la frontière de P; passant ensuite aux points intérieurs qui forment une ligne polygonale (P_1), la plus rapprochée de (P), ... et ainsi de suite jusqu'au complet épuisement des points intérieurs).

Donc

$$S = \Sigma w_{2k}(z_{2k+1} - z_{2k-1}) + \Sigma w_{2k+1}(z_{2k+2} - z_{2k}).$$

Mais chacune des sommes qui figurent au second membre de cette égalité est une forme *préparatoire* de l'intégrale

$$I = \int_c f(z)\,dz.$$

En effet, faisons varier notre décomposition en triangles de façon que les distances entre points voisins z_p, z_q tendent uniformément vers zéro : les sommes ci-dessus se rapprocheront indéfiniment de I et l'on peut écrire

$$\lim S = 2I.$$

Si donc on démontre que S tend vers zéro, il sera par là démontré que $I = 0$: ce qui constitue le théorème fondamental de Cauchy.

La démonstration de la relation

$$\lim S = 0$$

n'offre pas de difficultés : elle peut se faire par un procédé dont je me suis déjà servi dans une circonstance analogue (¹).

ASTRONOMIE. — *Essai sur une variation diurne de la latitude.* Note de M. **Jean Boccardi**, présentée par M. B. Baillaud.

Je résume ici un Mémoire assez étendu qui paraîtra sous peu, en en donnant les principaux résultats.

A l'Observatoire royal de Pino Torinese nous avons fait des détermina-

(¹) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 209.

tions systématiques de la latitude par plusieurs étoiles culminant très près de notre zénith et se suivant avec quelques heures d'intervalle. Nous étions trois astronomes, et quelquefois quatre, observant ainsi pendant toute la nuit, nous suivant les uns les autres et nous alternant de manière que chaque étoile fût observée successivement par tous les observateurs en des nuits différentes. Par là, nous avons éliminé l'équation personnelle en faisant la moyenne des observations des différents observateurs. D'ailleurs l'expérience de 8 ans nous a donné la conviction que pour des astronomes très exercés aux observations au premier vertical, par la méthode de Struve, il n'y a pas d'équation physiologique, ce que faisait prévoir l'absolue symétrie des quatre parties dont chaque observation se compose. Nous avons employé une excellente lunette de Bamberg, avec objectif de 10^{cm} en verre de Iéna.

Les étoiles observées ont été au nombre de 10, dont 4 fondamentales. Puisqu'il s'agissait d'un travail d'une précision extrême, nous avons employé, dans les réductions, des déclinaisons observées récemment, pour les fondamentales; et pour les autres nous avons fait une nouvelle détermination des mouvements propres en nous aidant de quelques observations récentes faites à notre cercle méridien de la première salle méridienne, construit lui aussi par Bamberg. Les grandeurs des étoiles allaient de 2,3 à 7,1; mais nous avons éliminé l'équation d'éclat au moyen d'écrans en mousseline blanche, en ramenant toutes les étoiles à la même grandeur apparente. Les réserves qu'on a faites autrefois contre l'emploi de ces écrans ont été démontrées mal fondées par d'éminents astronomes.

Quelques-unes de ces 10 étoiles ont été suivies pendant 5 ou 6 mois, d'autres ont été observées seulement une vingtaine de fois. Les observations ont commencé le 3 juillet 1919 et vont finir le 9 mars 1920. Jusqu'au 4 février, le nombre des observations s'était monté à plus de 300. Le Mémoire qui va paraître contiendra tous les détails qui peuvent intéresser, aussi bien que toutes les remarques que ce travail nous a suggérées. La conclusion qui s'est dégagée dès les premiers mois est que la latitude de notre pavillon du premier vertical subit une variation diurne qu'on peut exprimer par la formule

$$\mu \cos(\nu + \theta'), \tag{1}$$

où μ est une valeur constante que nous pouvons fixer entre $0'',07$ et $0'',05$; ν est un arc correspondant à la phase initiale, c'est-à-dire à l'instant $0^h 0^m 0^s$ de temps sidéral d'une époque d'origine, et θ' le temps sidéral exprimé en

arc, qui peut embrasser plusieurs circonférences ou une fraction de circonférence s'il s'agit de plusieurs jours ou d'une fraction de jour, écoulé après l'instant $0^h 0^m 0^s$ et multiplié par 1,0007 environ; de sorte que la phase ν augmente d'environ 1° tous les 4 jours, et si, pour un jour donné, cette phase, lors du passage du point vernal au méridien est ν', pour une étoile d'ascension droite α, l'argument de l'expression (1) est pratiquement $\nu' + \alpha$, la variation de ν' étant négligeable pendant le temps correspondant à α.

Il ne sera pas inutile de faire remarquer qu'avant d'arriver à la formule (1), nous nous sommes assuré que les différences entre les valeurs de la latitude obtenues avec nos étoiles prises deux à deux n'annonçaient aucune imperfection dans la valeur 20″,47 de la constante d'aberration, que nous avons employée dans les éphémérides construites avec un soin extrême, par exemple en ayant égard au second terme de la précession. Évidemment, nous avons eu égard au petit terme de la nutation à courtes périodes et aux différences secondes dans l'interpolation.

La différence entre les valeurs de la latitude données par deux étoiles, comparées à la différence

$$\mu[\cos(\nu + \theta'') - \cos(\nu + \theta')],$$

a laissé dans toute la période, du 3 juillet 1919 au 3 février 1920, des écarts O — C atteignant rarement 0″,04 et ayant une valeur moyenne de 0″,02.

Si l'on remarque qu'aujourd'hui on ne peut garantir 0″,02 sur la déclinaison d'aucune étoile, on ne trouvera pas excessif l'écart maximum 0″,04. Il est même surprenant de voir qu'avec l'expression (1) on représente bien des écarts observés qui vont jusqu'à 0″,120 et parfois à 0″,145. Ces derniers écarts ne peuvent aucunement être attribués à l'imperfection des observations, puisque la comparaison entre les valeurs de la latitude prises deux à deux porte sur des moyennes de plusieurs observations s'étendant à des périodes de 14 jours. Par là, nous avons éliminé la variation de la latitude à période semi-lunaire dont je me suis occupé plusieurs fois [1].

Quant à la variation lente de la latitude (période de Chandler), elle est éliminée en comparant entre elles les valeurs de la latitude données par deux étoiles et correspondant à la même époque.

Dans le Tableau suivant, je rapporte les résultats pour différentes époques. Les numéros 1, 2, ..., 10 indiquent les étoiles, les différences 3-1,

(1) Voir par exemple le *Bulletin astronomique*, novembre 1918.

5-2, ... indiquent entre quelles étoiles on a fait la comparaison des latitudes φ. On a comparé les étoiles assez différentes en ascension droite et les plus forts écarts O — C se rapportent ordinairement à des étoiles ne différant pas de 3 heures. On comprend que 3 heures c'est bien peu pour pouvoir constater une différence sensible entre les latitudes. Les arguments $\nu + \theta'$ augmentent, presque toujours, mais très lentement; μ a été pris égal à 0″,06. Je donne seulement les secondes de la latitude, qui, avec le système de Bauschinger, a une valeur moyenne $\varphi_0 = 45°2'16'',69$.

1919.	Étoiles.	$(\nu+\theta)$.	φ observées.		Différences. O.	C.	O — C.
		°	″		″	″	″
Juillet 10........	1	118,0	16,729	2-1	—0,004	—0,025	+0,021
»	2	152,6	16,725	3-1	—0,047	—0,031	—0,016
»	3	168,6	16,682	»	»	»	»
Septembre 10....	2	154,6	16,728	5-2	+0,040	+0,035	+0,005
»	3	170,6	16,761	5-3	+0,007	+0,040	—0,033
»	5	251,2	16,768	6-2	+0,099	+0,070	+0,029
»	6	280,5	16,827	6-3	+0,066	+0,102	—0,036
»	7	323,4	16,830	7-2	+0,102	+0,102	0,000
»	»	»	»	7-3	+0,069	+0,107	—0,038
»	»	»	»	7-5	+0,062	+0,067	—0,005
»	»	»	»	7-6	+0,003	+0,037	—0,034
Novembre 9.....	4	256,6	16,689	7-4	+0,105	+0,072	+0,033
»	5	274,2	16,734	7-5	+0,060	+0,054	+0,006
»	7	346,4	16,794	8-4	+0,067	+0,065	+0,002
»	8	30,9	16,756	8-5	+0,022	+0,047	—0,025
»	»	»	»	8-7	—0,038	—0,007	—0,031
Décembre 8.....	4	253,6	16,651	7-4	+0,080	+0,074	+0,006
»	5	271,2	16,672	7-5	+0,059	+0,056	+0,003
»	7	343,4	16,731	8-4	+0,078	+0,070	+0,008
»	8	27,9	16,729	8-5	+0,057	+0,052	+0,005
»	9	60,8	16,684	8-7	—0,045	—0,004	—0,041
»	»	»	»	9-4	+0,033	+0,046	—0,013
»	»	»	»	9-5	+0,012	+0,028	—0,016
»	»	»	»	9-7	—0,047	—0,028	—0,019
»	»	»	»	9-8	—0,045	—0,024	—0,021

ÉLECTRICITÉ. — *Électromètre absolu bisphérique. Calcul numérique de ses caractéristiques.* Note de MM. **A. Guillet** et **M. Aubert**, présentée par M. G. Lippmann.

Par substitution d'une boule conductrice au plan de l'électromètre plan-sphère ([1]), on réalise aisément un électromètre apériodique à armatures sphériques. Mais, si la construction d'un tel appareil est rapide, par contre, le calcul numérique de l'action f qui s'exerce entre les deux armatures est laborieux. Il en est de même, à un moindre degré, du calcul des autres caractéristiques du système : capacités propres et coefficient d'induction réciproque des armatures. Comme les expressions de ces caractéristiques renferment des séries, la discussion algébrique est généralement sans prise sur elles, et l'on ne peut arriver à la connaissance de leurs variations, en fonction des paramètres dont elles dépendent qu'en procédant par *coupes numériques*.

L'état du système est déterminé par les rayons a, b des armatures, la distance x des centres et les potentiels respectifs des charges V, v.

Alors

$$(1)\quad f=-\frac{V^2}{2}\sum_1^\infty a^{n+1}b^n\frac{d}{dx}\frac{1}{P_{2n}}+Vv\sum_0^\infty a^{n+1}b^{n+1}\frac{d}{dx}\frac{1}{P_{2n+1}}-\frac{v^2}{2}\sum_1^\infty a^n b^{n+1}\frac{d}{dx}\frac{1}{Q_{2n}},$$

les fonctions P étant les polynomes en x, coefficients des puissances de z dans le développement de l'expression

$$(1+zx+a^2z^2)[1-(x^2-a^2-b^2)z^2+a^2b^2z^4]^{-1}.$$

Quant aux fonctions Q, elles se déduisent des polynomes P en y changeant a en b et b en a.

On a de même pour les charges des deux armatures

$$(2)\quad \begin{cases} M_a=V\sum\dfrac{a^{n+1}b^n}{P_{2n}}-v\sum\dfrac{a^{n+1}b^{n+1}}{P_{2n+1}}, \\ M_b=v\sum\dfrac{b^{n+1}a^n}{Q_{2n}}-V\sum\dfrac{a^{n+1}b^{n+1}}{P_{2n+1}}. \end{cases}$$

Dans le cas particulier où $a=b$, ce qui est le cas de la balance de Coulomb, on s'assurera que l'on a

$$P_n=Q_n=a^nU_n,$$

([1]) Voir *Journal de Physique*, décembre 1912.

les polynomes U étant les coefficients des puissances de z dans le développement de

$$(1-2uz+z^2)^{-1},$$

où

$$u=\frac{x}{2a}.$$

En conséquence,

$$f=-\frac{V^2}{4}\sum_{1}^{\infty}\frac{U'_{2n}}{U^2_{2n}}+\frac{V\varphi}{2}\sum_{0}^{\infty}\frac{U'_{2n+1}}{U^2_{2n+1}}-\frac{\varphi^2}{4}\sum_{1}^{\infty}\frac{U'_{2n}}{U^2_{2n}}, \tag{3}$$

$$M_a=V.a\left(\sum\frac{1}{U_{2n}}-\sum\frac{1}{U_{2n+1}}\right),\qquad M_b=M_a\frac{V}{\varphi}. \tag{4}$$

Ainsi, *deux sphères, dont on ferait varier le rayon commun, en les maintenant aux potentiels respectifs* V, φ, *seraient toujours sollicitées par la même action mutuelle* f, *si l'on prenait soin de placer les armatures de façon que le rapport de la distance des centres au diamètre reste constant.*

Mais les charges des armatures varieraient alors proportionnellement au rayon a.

Le calcul, portant parfois et, pour chaque valeur de u, sur plus de cinquante termes des séries en cause, a fourni les résultats suivants :

$u=\frac{x}{2a}$.	$p=\sum\frac{U'_{2n}}{U^2_{2n}}$,	$q=\sum\frac{U'_{2n+1}}{U^2_{2n+1}}$.
1,1	2,11 412	2,25 408
1,5	0,26 366	0,37 196
1,8	0,12 329	0,21 918
2	0,08 301	0,15 832
2,5	0,03 803	0,09 190
3	0,02 081	0,06 091
3,5	0,01 269	0,04 359
4	0,00 835	0,03 283
4,5	0,00 577	0,02 566
5	0,00 416	0,02 063

L'action mutuelle f peut s'écrire

$$f=\frac{\varphi^2}{4}F \tag{5}$$

en posant

$$\rho=\frac{V}{\varphi},\qquad F=-(p\rho^2-2q\rho+p).$$

Il suit de là que la force f s'annule pour les valeurs de ρ_1 et ρ_2 racines, du trinome entre crochets.

Voici ces valeurs :

$u = 5.$	4,5.	4.	3,5.	3.	2,5.	2.	1,8.	1,5.	1,1.	1,02.
9,816	8,780	7,734	6,721	5,677	4,615	3,530	3,085	2,4057	1,436	1,0983
0,102	0,114	0,130	0,149	0,177	0,217	0,284	0,325	0,4157	0,6964	0,9105

En conséquence, si deux sphères conductrices égales sont portées à des potentiels de signes contraires, elles s'attireront toujours; mais *si elles sont portées à des potentiels de mêmes signes, la force qui les sollicite sera répulsive, nulle ou attractive selon que* ρ *sera compris entre* ρ_1 *et* ρ_2, *égal soit à* ρ_1, *soit à* ρ_2, *ou extérieur à l'intervalle des racines.*

Dans le cas de la balance de Coulomb, les deux boules égales portent des charges M égales et sont à des potentiels variables avec la distance, mais identiques entre eux. Alors le rapport $\rho = 1$ est toujours compris entre les racines, et l'on *ne peut que constater une répulsion.*

D'après (4), cette répulsion a pour expression

$$f = -\frac{M^2}{2a^2}\,\frac{\sum \frac{U'_{2n}}{U^2_{2n}} - \sum \frac{U'_{2n+1}}{U^2_{2n+1}}}{\sum \frac{1}{U_{2n}} - \sum \frac{1}{U_{2n+1}}}.$$

Dans le cas des rayons inégaux on est conduit, par la même voie numérique, à des conclusions analogues qui seront publiées ailleurs.

Il est facile de trouver, pour chaque appareil, une formule empirique extrêmement approchée dans un intervalle donné.

Par exemple, dans le cas d'un électromètre à armatures égales, et pour un écartement des armatures allant du dixième de leur diamètre à quatre fois ce diamètre, on pourra utiliser la forme (5) dans laquelle on fera :

$$p = \frac{0,396093\,u^2 - 4,640526\,u + 69,274744}{(u-1)(100\,u^2 + 174,11531\,u - 6,728507)},$$

$$q = \frac{-0,008459\,u^2 + 0,593409\,u - 0,60415}{(u-1)(u^2 + 0,562662\,u - 1,658727)}.$$

Ces dispositifs se prêtent à l'étude des potentiels explosifs et des coefficients de déperdition relatifs aux charges positives et négatives.

OPTIQUE. — *Sur les spectres des réseaux de diffraction, dans le cas où la lumière incidente est oblique par rapport au plan principal des traits.* Note de M. **Stéphan Procopiu**, présentée par M. Lippmann.

1. Si après avoir disposé un réseau de diffraction à la manière ordinaire, de manière à obtenir des spectres, on vient à incliner ce réseau, en le faisant tourner autour d'un axe contenu dans son plan, et perpendiculaire aux traits, on constate les faits suivants. Les spectres de divers ordres subsistent; mais les bords qui les limitent, au lieu de rester rectilignes, deviennent curvilignes, et prennent les formes de courbes sensiblement paraboliques, ayant leurs sommets sur les taches centrales.

2. J'ai photographié ces courbes. La lumière d'une source est projetée sur une fente, placée au foyer d'une lentille collimatrice. Le faisceau parallèle tombe sur un réseau plan (à 572 traits par millimètre), qui peut être incliné sur le faisceau; puis, vient un objectif photographique, tout auprès du réseau (à 4^{cm}) pour pouvoir recueillir les spectres; la plaque est au foyer. Afin que les spectres soient des filets minces, j'ai mis la fente perpendiculaire aux traits (comme elle est assez petite, dans cette position, cela n'influencera pas la dispersion). Sur la même plaque, j'ai photographié les courbes des spectres quand le réseau est perpendiculaire aux rayons, ou quand il forme, avec les traits, des angles de 10°, 20°, etc., 70° avec la verticale. La première courbe est une ligne droite, les autres sont des paraboles avec la tache centrale pour sommet. Le temps de pose a été de 10 à 40 minutes, suivant l'inclinaison du réseau.

Voici quelques résultats :

1° L'écartement d'une raie du spectre, par rapport à la droite passant par la tache centrale et parallèle aux traits, reste toujours le même, pour toutes les courbes de spectres.

2° Les branches des courbes de spectres sont du côté du réseau qui est le plus près de la source.

3° Les spectres forment à peu près des paraboles. Prenons la ligne des spectres (inclinaison 0° avec la verticale) comme axe des x, et la ligne perpendiculaire par la tache centrale comme axe des y. On constate alors, pour toutes les courbes, que l'ordonnée est proportionnelle au carré de l'abscisse pour les points d'une même courbe. La variation du paramètre de la courbe avec l'inclinaison doit être complexe. Nous avons essayé la

relation empirique

$$y = \frac{\sin i}{f} x^2,$$

dans laquelle f est la distance focale de l'objectif (165^{mm}) et i l'angle du réseau avec la verticale; x l'écartement des spectres de la tache centrale et y l'écartement de l'axe des x. Voici quelques nombres pour les différentes courbes pour $x = 42^{mm}$:

i (en degrés)...........	0	10	20	30	40	50	60	70
y observé (en mm.).....	0	1,5	3,0	5,0	7,0	9,0	13,0	20
y calculé (en mm.)......	0	1,8	3,7	5,5	7,0	8,5	9,6	10,3

L'accord avec la formule empirique ne se maintient plus depuis 60°.

3. En somme, si l'on incline un réseau sur un rayon de lumière, on obtient des paraboles de spectres qui ne dépendent ni de l'élément du réseau, ni de la longueur des traits, mais seulement de l'inclinaison du réseau et de la distance focale de l'objectif. Ces courbes pourraient provenir de ce que les rayons qui tombent sur un même trait du réseau, ont une différence de marche qui tient à l'inclinaison; ainsi les rayons diffractés, au lieu d'être dans un plan perpendiculaire aux traits, seront déplacés dans des plans inclinés sur celui-ci. On aura une sorte de dispersion.

Essayons de traiter le cas de l'inclinaison du réseau, en considérant le trait comme un escalier formé des marches A, B, C, etc.; la lumière tombe perpendiculairement sur chacune de ces marches. Les milieux de ces marches réunis donnent le trait incliné. La lumière parvient d'abord en A, puis en B, etc. Soient Φ l'angle fait par la ligne unissant les milieux de deux marches avec le rayon incident ($\Phi = 90° - i$); θ l'angle du plan de diffraction avec le plan du réseau; φ l'angle du rayon diffracté avec la tache centrale, ou sa projection, dans le plan θ.

Les rayons qui viennent en A et B interfèrent dans un plan θ; ils ont la différence de marche $d\cos\Phi - d\frac{\cos\theta}{\cos\varphi}$, si d est la distance des milieux AB. Pour un maximum, cette différence de marche sera $m\lambda$, c'est-à-dire

$$\frac{\cos\theta}{\cos\varphi} = \cos\Phi - \frac{m\lambda}{d}.$$

Cela veut dire que $\theta > \Phi$; et, pour la tache centrale, quand $m = 0$, on a $\theta = \Phi$, c'est-à-dire la tache centrale est toujours dans le prolongement du rayon incident; et les autres spectres seront d'un seul côté de la tache centrale, en haut ou en bas seulement.

En mettant $x = f \sin\varphi$ et $y = f \sin(\Phi - \theta)$, j'ai trouvé une courbe complexe dont le premier terme est justement la relation empirique employée plus haut pour représenter les courbes des spectres.

MÉTROLOGIE. — *Sur un procédé pour la comparaison et la mesure en valeur absolue des étalons à bouts plans, au moyen des interférences lumineuses.* Note (¹) de M. **Albert Pérard**, présentée par M. J. Violle.

Il y a quelques années, j'ai indiqué (²) une méthode interférentielle permettant l'étude complète des calibres-étalons Johansson. Mais la diversité des étalons industriels à bouts plans, proposés à la vérification du Bureau international, m'a conduit à rechercher un procédé de mesure et de comparaison simple, et assez souple pour se plier facilement à la détermination d'un modèle quelconque.

La propriété caractéristique commune à tous les étalons de cette sorte est de pouvoir s'accoler les uns aux autres avec une adhérence considérable, lorsqu'on établit, par glissement progressif, le contact de leurs surfaces très légèrement lubrifiées. Mes expériences précédentes avaient démontré que l'épaisseur de la lamelle du lubrifiant restant interposé entre les surfaces dans un semblable contact est d'un ordre de grandeur inférieur à toute quantité pratiquement mesurable (inférieur à 2 centièmes de micron). C'est sur ce point essentiel que repose le procédé actuel.

Mesures en valeur absolue. — On colle l'étalon à mesurer sur un *plan d'acier* assez étendu pour le déborder de part et d'autre, et l'on dispose contre la face extérieure de l'étalon un *plan de référence en verre*. En faisant tomber sur l'ensemble un faisceau de lumière monochromatique, on peut obtenir des franges de Fizeau, non seulement entre le plan de verre et la surface de l'étalon, mais encore entre ce même plan et la région libre du plan d'acier. Ce double phénomène permet d'évaluer en longueurs d'onde les épaisseurs des deux lames d'air, et de déterminer par différence la valeur de l'étalon.

L'appareil établi pour ces expériences est un interféromètre réduit à sa plus grande simplicité. Un trépied à vis calantes présente à sa partie médiane une tablette réglable en hauteur, et, à sa partie supérieure, un plan de verre muni de points de repère et mobile autour de deux axes rectangulaires, dont les prolongements se croisent en son

---

(¹) Séance du 9 février 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 1798.

centre. Ce système, mû par deux vis micrométriques, a pour but de faire varier à volonté l'inclinaison du plan de verre, sans modifier la distance de son centre à la seconde surface réfléchissante, solidaire de la tablette. Aucun jeu n'est à craindre dans les axes, qui sont maintenus par des ressorts plats au fond d'évidements en forme de V.

Le plan d'acier, avec l'étalon qui lui est accolé, est disposé sur la tablette. Par un réglage convenable, l'observateur aperçoit le double système de franges, sur lequel se détachent les points de repère, répartis de façon que certains correspondent à la région centrale de l'étalon, et que d'autres, se projetant sur la surface du plan d'acier, soient deux à deux symétriques par rapport aux premiers. L'observateur évalue l'*excédent fractionnaire* exprimant la position de chaque point par rapport aux deux franges sombres qui l'encadrent. Les moyennes des lectures faites, sur l'étalon d'une part, sur le plan d'acier d'autre part, donnent les excédents fractionnaires correspondant à des régions situées sur une même normale aux deux surfaces. On sait que, par la méthode dite *des coïncidences*, il est possible, en répétant cette opération avec plusieurs radiations différentes, de retrouver par le calcul les nombres entiers de tous les ordres d'interférence. Ce calcul ne se conduit habituellement qu'au prix de certains tâtonnements; j'ai pu éviter les essais inutiles par quelques artifices de calcul (¹) et par le choix des radiations employées; il suffisait alors d'apprécier la lame d'air à 3^{mm} près. Le dispositif de mesure par échelle divisée, qui accompagne habituellement tout interféromètre, est donc inutile ici.

On a mesuré ainsi facilement des étalons allant jusqu'à 1^{cm} d'épaisseur; au delà de cette dimension les observations deviennent pénibles; mais elles restent possibles encore jusqu'à 15^{mm} environ.

Contrairement à la précédente méthode de mesures interférentielles que j'avais employée, celle-ci n'exige aucune correction pour tenir compte de la perte de phase par réflexion métallique; cette correction s'élimine par différence. La concordance (à moins de 2 centièmes de micron) des présentes expériences avec les anciennes constitue donc une vérification de la valeur adoptée autrefois pour cette correction.

Comparaisons. — Le même appareil permet aussi de comparer un étalon P, quelle que soit sa longueur, à la moyenne de deux autres A et B de grandeurs voisines. Il suffit d'accoler au même plan d'acier, côte à côte,

(¹) Calcul des différences premières et secondes des excédents fractionnaires, conjuguées avec les périodes de concordance des radiations prises par deux et par quatre.

les trois étalons, A et B encadrant l'étalon P. Le phénomène que l'on observe cette fois se compose de trois systèmes de franges, correspondant aux trois étalons; on mesure l'épaisseur des lames d'air, d'une part sur l'étalon P, aux points précis définis par certains des repères gravés, d'autre part sur les étalons A et B en des points exactement symétriques les uns des autres par rapport aux premiers. Pour éviter une erreur supérieure au centième de micron, avec une tolérance de 2 dixièmes de millimètre dans la position des points de repère, il est nécessaire que le plan de verre reste parallèle au plan d'acier à moins de $\frac{1}{10000}$ près; cette approximation est facile à réaliser par l'examen des franges, après retournement de l'un des étalons autour de son axe vertical.

Les étalons à comparer peuvent, sans inconvénient, différer entre eux de plusieurs millimètres. Leur longueur commune ne semble pas limitée; on a comparé, sans difficulté, des étalons de 100^{mm}.

Une légère courbure des plans de référence en verre et en acier ne met pas la méthode en défaut; il est facile de déterminer la correction par une expérience préliminaire.

Le dispositif qui vient d'être indiqué est particulièrement simple; il n'en comporte pas moins une précision très élevée. Dans les mesures absolues comme dans les comparaisons, cette précision atteint couramment 2 à 3 centièmes de micron.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'eau sur le sulfate diméthylique.* Note de MM. **Ch. Boulin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le sulfate diméthylique n'est pas miscible avec l'eau à la température ordinaire; si l'on agite avec de l'eau une petite quantité de cet éther, il ne se dissout pas, au moins immédiatement; mais si l'on prolonge l'agitation, il finit par disparaître et le liquide devient homogène.

Cette disparition est due à la superposition d'une solubilité proprement dite faible et d'une décomposition qu'on peut formuler

$$SO^2(OCH^3)^2 + H^2O = SO^2(OH)(OCH^3) + CH^3OH.$$

Cette décomposition peut être suivie aisément par des dosages acidimétriques; à condition d'opérer dans des conditions convenables de régularité et de comparabilité, cette décomposition est justiciable de la formule des

réactions monomoléculaires $k = \frac{1}{t} \log \frac{a}{a-x}$, dans laquelle t désigne la durée exprimée en minutes, a le nombre total de molécules mises en jeu et x le nombre de molécules décomposées pendant le temps t. Nous avons trouvé pour $10^5 k$ les valeurs

74 à 16°,5,
80 à 17,
93 à 18.

Ces résultats ne font que confirmer ceux de Kreemann sur le même sujet. Kreemann avait également étudié l'influence des acides sur la vitesse de décomposition par l'eau du sulfate *diéthylique*. Nous avons repris ces essais pour le sulfate diméthylique avec l'acide sulfurique et constaté qu'à la concentration ($\theta = 0^{mol},5$) utilisée cet acide ne modifie pas le phénomène.

Ce qui précède n'est exact que si l'on emploie une petite quantité d'éther et si, corrélativement, on limite l'observation à une durée relativement courte; mais, si l'on poursuit l'expérience, il n'en est plus de même.

Si, par exemple, on fait intervenir 1^{vol} d'éther et 10^{vol} d'eau, on peut observer au bout de 24 heures une autre réaction

$$SO^2(OCH^3)^2 + H^2O = SO^4H^2 + CH^3 - O - CH^3.$$

A côté du sulfate acide de méthyle s'accumule l'acide sulfurique et il se produit de l'oxyde de méthyle, gaz insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'acide sulfurique concentré qui se dégage au début, puis reste dissous.

Cette réaction finit même par devenir prépondérante. L'ensemble des deux phénomènes manifeste dans son évolution une régularité remarquable : l'acidité du mélange est proportionnelle au temps; autrement dit : *le nombre de groupes méthyle libérés sous forme d'alcool ou d'éther méthylique par unité de temps est constant.*

Ce ne sont pas les seules réactions qui peuvent se produire. Il en est une autre qui a déjà été soupçonnée (Ullmann), qui a même été effectivement constatée à propos du sulfate *diéthylique* (Erlenmeyer) et que nous avons observée pour le sulfate diméthylique :

$$SO^2(OCH^3)^2 + CH^3OH = SO^2(OH)(OCH^3) + CH^3 - O - CH^3.$$

L'alcool méthylique, même à basse température, agit sur le sulfate diméthylique en donnant de l'oxyde de méthyle. A la vérité, le dégagement gazeux s'arrête très vite à basse température, la seule qui nous intéresse dans le cas présent.

Il n'est peut-être pas inutile de souligner l'analogie du phénomène étudié dans cette Note avec l'action de l'eau sur le chlorosulfonate de méthyle étudiée précédemment. L'évolution de la décomposition avec la décroissance de la quantité d'eau est tout à fait parallèle et aboutit dans les deux cas à l'apparition de produits gazeux : chlorure de méthyle ou oxyde de méthyle en même temps que l'acide sulfurique s'accumule et que des réactions nouvelles apparaissent.

Solubilité du sulfate diméthylique. — Après avoir constaté la décomposition par l'eau à froid du sulfate diméthylique, on pouvait se demander s'il n'y était pas du tout soluble. Les expériences qui ont conduit aux conclusions précédentes étaient conduites de manière à répondre à cette question et à fixer corrélativement cette solubilité éventuelle.

A 18°, cette solubilité est de 28^g par litre d'eau; elle n'est donc pas négligeable bien qu'elle se trouve masquée par la décomposition qui l'accompagne ou, plus vraisemblablement, qui lui est consécutive. Cette solubilité n'est pas due à la présence du sulfate acide de méthyle qui ne la modifie pas; elle est en revanche modifiée progressivement avec la durée par l'accumulation des deux autres produits formés dans la réaction : l'acide sulfurique et l'oxyde de méthyle. Ces deux substances, l'une soluble dans l'autre, provoquent un accroissement de solubilité du sulfate diméthylique dans le mélange jusqu'à amener la solubilité complète.

Ces observations sur la solubilité du sulfate diméthylique dans l'eau ou le mixte, résultant de sa décomposition consécutive par l'eau, accusent l'importance de l'agitation régulière et permanente à température constante (environ 17°) pour donner aux résultats signalés plus haut une signification admissible.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Détermination des paramètres d'un cristal par les rayons X.* Note (¹) de M. **F. Canac**, présentée par M. Wallerant.

Nous avons déjà indiqué (²) l'avantage qu'il y a à faire réfléchir les rayons X sur les plans réticulaires passant par les axes de symétrie d'un cristal. Ces plans comprennent toujours ceux de plus grande densité et par suite ceux de plus grand pouvoir réfléchissant.

(¹) Séance du 9 février 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 405, et *Radium*, juin 1919.

Un faisceau de rayons X étant perpendiculaire à un axe de symétrie, et le cristal tournant autour de cet axe, la détermination des rotations successives à donner au cristal pour amener dans la même direction les divers rayons réfléchis par les plans passant par l'axe, permet de déterminer les paramètres du cristal.

Une deuxième méthode de mesure consiste, en considérant toujours les mêmes plans, à envoyer les rayons incidents presque parallèlement à l'axe. Nous avons montré ([1]) que les rayons réfléchis se disposaient suivant un cône de révolution ayant pour axe l'axe considéré et pour génératrice le prolongement du rayon incident. Le problème a été traité dans le cas d'un cristal cubique.

Dans les autres cas, l'angle $\alpha_{\frac{p}{q}}$ du plan passant par le point d'abscisse pa et l'ordonnée qb (a et b étant les constantes de la maille considérée) est tel que

$$\frac{q}{p}\cot\alpha_{\frac{p}{q}} = \frac{a}{b}.$$

Les mêmes formules indiquées pour la première méthode s'appliquent ici.

Nous avons photographié le cercle donné par l'axe perpendiculaire à la base p d'un cristal de sucre. (L'expérience montre, en effet, que la périodicité du réseau est telle qu'il existe une telle rangée perpendiculaire à p.) Les rayons X dans le plan de symétrie étaient inclinés de 10° sur l'axe. Le Tableau I donne les valeurs des angles α observés ([2]). Δ est l'erreur commise sur la cotangente pour une erreur de lecture de 15 minutes. La meilleure mesure donne $\frac{a}{b} = 1,26$.

Un deuxième cliché a été obtenu en tournant le cristal de 90° autour d'un axe de rotation perpendiculaire au plan de symétrie. Les rayons X étaient toujours dans ce plan. Le Tableau II donne les angles α observés. La meilleure valeur de $\frac{\cot\alpha}{n}$ observée est 1,21. Elle est égale au rapport $\frac{b}{d}$, d étant la hauteur du prisme clinorhombique de base ab. Or, on sait que l'arête c est inclinée de 76°30′ sur la base ([3]). Alors

$$d = c\sin 76°30'.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 276.

([2]) En fait, c'est l'angle 2α que l'on mesure en joignant deux taches symétriques à la tache diamétrale.

([3]) GROTH, *Chemische Kristall.*, p. 44.

Donc

$$\frac{c}{b} = \frac{c}{d} \times \frac{d}{b} = \frac{1}{\sin 76^\circ 30' \times 1,21} = 0,86.$$

En résumé, nous trouvons

$$a : b : c :: 1,26 : 1 : 0,86.$$

Ces nombres sont en bon accord (1,26 : 1 : 0,88) avec ceux trouvés par la première méthode de rotation du cristal et ceux déduits des mesures optiques de Wolff [1].

TABLEAU I.

α.	cot α.	Δ.	n.	$\frac{\cot\alpha}{n}$.	$\frac{\Delta}{n}$.	Intensité.
15°. 4'.........	3,72	5,5	3	1,24	1,8	assez fort
21.36.........	2,53	3	2	1,265	1,5	très fort
27.40.........	1,91	1,7	$\frac{3}{2}$	1,27	1,1	faible
31.15.........	1,65	1,2	$\frac{4}{3}$	1,24	0,9	très faible
38.25.........	1,26	1	1	1,26	1	fort
46.50.........	0,939	7,7	$\frac{3}{4}$	1,252	10	fort
50	0,840	6	$\frac{2}{3}$	1,26	9	faible
57.45.........	0,630	5	$\frac{1}{2}$	1,26	10	faible
63	0,510	5	$\frac{2}{5}$	1,275	12	assez fort
68	0,405	4	$\frac{1}{3}$	1,215	12	assez fort

TABLEAU II.

α.	cot α.	Δ.	n.	$\frac{\cot\alpha}{n}$.	$\frac{\Delta}{n}$.	Intensité.
15°.30'.........	3,61	6	3	1,20	2	fort
21.45.........	2,50	3	2	1,25	1,5	fort
28.45.........	1,82	2	$\frac{3}{2}$	1,212	1,3	faible
32. 5.........	1,65	1,5	$\frac{5}{4}$	1,32	1,2	très faible
39.30.........	1,21	1	1	1,21	1	assez fort
47.45.........	0,909	8	$\frac{3}{4}$	1,212	10	assez fort
59	0,601	6	$\frac{1}{2}$	1,202	12	faible
66?	0,445	5	$\frac{1}{3}$	1,334	15	assez fort

(1) WOLFF, *Journal f. prakt. Chemie*, t. 28, 1843, p. 129.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et l'évolution des êtres fossiles*. Note de M. **Zeil**, présentée par M. H. Douvillé.

Dans une Note récente (1), nous avons montré que « *l'écorce terrestre évoluait lentement par une succession de réajustements brusques séparés par de longues phases de faux équilibre* ». Nous avons également conclu que cette évolution était liée aux variations locales de masse produites par l'érosion et l'alluvionnement de la surface dénivelée de cette écorce.

A la lumière de ces conclusions, étudions ce qui se produira sur une région lithosphérique embrassant une dépression marine complètement entourée de reliefs dominants. Pour plus de clarté, limitons cette région à crête continue bordant extérieurement ses divers bassins fluviaux.

Sur une telle région, l'auréole continentale deviendra une zone de décharge et la dépression centrale deviendra, au contraire, une zone de surcharge. Au cours de chacun des réajustements, le continent précédemment usé par l'érosion superficielle, donc effectivement aminci et abaissé, s'élèvera, mais d'une hauteur inférieure à l'épaisseur de la couche arasée; le substratum sous-marin, précédemment épaissi et élevé, s'abaissera, mais d'une hauteur inférieure à l'épaisseur de la couche nouvellement sédimentée. Le réajustement achevé, la dénivellation nouvelle sera moindre que celle qui existait avant la phase de faux équilibre précédente. Donc, après chaque réajustement, cette dénivellation ira en diminuant d'importance, et la mer épicontinentale considérée ira sans cesse en s'étalant et, par suite, en diminuant de profondeur. De même, le continent envisagé ira sans cesse en diminuant d'altitude géographique et d'étendue. Ces deux évolutions synchroniques tendront à régulariser la surface de la région étudiée; il arrivera donc un moment où la mer, très étalée et dépourvue des sommets condensateurs qui lui envoient l'eau compensant son évaporation, deviendra lagunaire, et, comme les salines du Djoulf, dans le Sahara occidental (2), tendra à disparaître.

Au cours de sa lente évolution, qui la conduit à la pénéplaine des géologues, la surface continentale considérée subira, d'autre part, une multitude d'oscillations verticales provoquées par l'alternance de l'abaissement érosif et du soulèvement dû au réajustement. Sa surface topographique

(1) G. Zeil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1406.

(2) Ed. Suess, *La face de la Terre*. Traduction Emmanuel de Margerie, p. 1646.

sera donc tour à tour : plus élevée, plus froide, plus humide et supportant une pression atmosphérique moindre; moins élevée, moins froide, moins humide et supportant une pression atmosphérique plus forte. C'est dire qu'un organisme vivant sur cette surface devra, pour s'y perpétuer, s'adapter à la fois à l'évolution lente de son habitat et aux évolutions intermittentes provoquées par ses oscillations périodiques. Il en sera d'ailleurs de même pour les êtres vivant sur les rivages ou à l'intérieur de la mer épicontinentale considérée.

« Ainsi l'évolution des êtres fossiles présenterait deux mécanismes distincts : *l'un continu*, et pour ainsi dire normal, par lequel les rameaux phylétiques une fois formés se développent lentement et par mutations graduelles, suivant certaines lois qui les conduisent fatalement à la sénilité et à l'extinction; *l'autre intermittent*, et par lequel des rameaux prennent naissance en divergeant des rameaux plus anciens et déjà plus ou moins évolués ([1]). »

Les deux mécanismes de M. Depéret, l'un lent et continu, et l'autre intermittent, cadrent si manifestement avec notre manière de voir, que nous pourrions au besoin les adopter comme conclusions rationnelles de cette Note. Nous croyons toutefois devoir insister sur les analogies des deux concepts en présence.

A ne considérer que la température, on comprend que le lent et progressif nivellement de la région étudiée accentue séculairement la température; d'où le « développement graduel » des organismes habitant la région. C'est la lente série des variations séculaires de M. Depéret.

Au contraire, avec le réajustement, qui, à la façon des tremblements de terre, se produit toujours brusquement, le renouvellement du relief entraîne une diminution de température; d'où, pour les êtres vivants, une *crise d'évolution*, qui peut souvent leur être fatale. S'ils sortent vainqueurs de la crise, c'est en créant les « rameaux nouveaux » adaptés à la nouvelle température. Avec la phase de faux équilibre qui suit immédiatement le réajustement, la région étudiée tend lentement au nivellement, donc à l'accentuation de la température. Toutefois, la lenteur relative de cette phase rendra l'adaptation au nouveau milieu plus aisée et plus certaine; aussi n'y verra-t-on que rarement les fins de lignée et les « bone-beds » qui caractérisent si souvent les réajustements. Ces deux phases constituent la série des variations intermittentes de M. Depéret.

([1]) Charles Depéret, *Les Transformations du Monde animal*, p. 286.

En résumé, on voit que la température de la région étudiée ira s'accentuant très lentement et suivant une courbe ascendante et peu marquée, qui sera périodiquement et brusquement interrompue par un crochet descendant (basse température), suivi lui-même d'une courbe doucement ascendante (haute température).

Bien que les données de M. Depéret et les nôtres se corroborent mutuellement, nous nous garderons bien de conclure à la généralisation de l'évolution complexe que nous venons de discuter. Les conclusions de M. Depéret s'appliquant surtout à l'évolution des êtres continentaux, et les nôtres étant déduites de l'application de la théorie de l'équilibre ascensionnel dans un cas simplement régional, il n'y a pas là matière à généralisation. Toutefois, géologues et géographes trouveront dans ces données des facteurs nouveaux susceptibles de leur faciliter la résolution du grand problème de l'évolution des êtres fossiles.

GÉOLOGIE. — *Existence de deux pénéplaines dans le bassin de Paris : la pénéplaine supérieure.* Note de M. G. **Denizot**, présentée par M. Émile Haug.

Le bassin de Paris présente de vastes surfaces rigoureusement aplanies, qui s'expliquent par la considération des pénéplaines; mais la conception d'une pénéplaine unique déformée (¹), exigeant des déformations intenses, dont la trace ne s'observe pas dans le substratum, ne peut être maintenue et nous lui substituerons la notion de deux pénéplaines consécutives.

Cette disposition est surtout nette dans le Vexin : au-dessus d'un grand plateau (145ᵐ-150ᵐ) se dressent, très nettement délimitées, les buttes de Montjavoult (206ᵐ) et de Serans (211ᵐ) au Nord, celles d'Arthies (200ᵐ-205ᵐ) au Sud, celles de Marines (210ᵐ) à l'Est; leurs surfaces supérieures, bien aplanies, offrent les meulières du niveau de Montmorency et se raccordent suivant une surface générale régulière. La surface inférieure nivelle des assises variées de l'Éocène.

De même, à Chartres, le plateau prolongeant la Beauce se termine, vers 165ᵐ-170ᵐ, et suivant une courbe qui ne correspond à aucune dislocation, au pied des hauteurs du Bois Bailleau et du Thymerais qui le dominent brusquement; ces hauteurs sont nivelées sur une vaste étendue vers 230ᵐ.

Les mêmes faits s'observent dans l'Ouest : ainsi, en Anjou, le plateau des Mauges (100ᵐ-110ᵐ) butte contre le pied des collines de Vendée et notamment celle des Gardes, présentant dès l'abord un plateau régulier à 210ᵐ.

---

[1] A. Briquet, *Ann. Géogr.*, t. 17, 1908, p. 205. — Voir aussi E. de Martonne, *Ibid.*, t. 15, 1906, p. 213 et 299.

Pénéplaine supérieure. — Nous constituerons cette pénéplaine en raccordant des aplanissements culminants du bassin.

Les plateaux élevés du *Boulonnais* sont nivelés vers 200^m-215^m, s'abaissant à 185^m vers le Sud-Est.

Les plateaux de la *Haute-Normandie* orientale débutent vers 200^m à gauche de la Bresle et vers Crèvecœur, s'élèvent à 240^m suivant l'axe du Bray et redescendent légèrement ensuite; dans leur prolongement se trouve le *Mont-Pagnotte* (220^m). Les buttes du *Vexin*, des *environs de Paris* et de la *Goële* sont couronnées de surfaces planes, allant de 180^m à 210^m, généralement occupées par le niveau de Montmorency, et qui se raccordent en un grand plateau ondulé; les témoins de ce plateau dominent les aplanissements inférieurs.

Ces plateaux de la *bordure de l'Ile de France*, depuis longtemps reconnus, ont 180^m-190^m autour de Noyon, 210^m dans le Laonnais; la grande crête de la forêt de Retz, surélevée à 255^m, paraît figurer une butte-témoin. Le vaste plateau du *Tardenois* et de la *Brie* est des plus nets, s'élevant très lentement vers l'Est et le Sud-Est jusqu'à la côte de l'Ile-de-France (près de 290^m dans la montagne de Reims); les terrains nivelés sont de nature variée.

Les plateaux du *Perche* et de ses dépendances s'accidentent de larges bombements sur l'emplacement des axes anticlinaux de Senonches, du Merlerault et de Fontaine-Raoul et s'élèvent dans l'ensemble vers l'Ouest au-dessus de 300^m. Ils se continuent avec ces caractères sur les collines de *Normandie* où ils arrivent à près de 420^m.

Les collines de *Bretagne* (¹) sont le plus souvent entre 250^m et 300^m, localement plus élevées à l'Ouest; leur surface porte la trace de déformations à direction armoricaine et même de dislocations.

La gâtine de *Vendée*, débutant à 200^m-220^m au-dessus de la pénéplaine inférieure, s'élève au Sud-Ouest vers 250^m, et même au-dessus de 280^m le long de la crête de Pouzauges; des fractures de faible amplitude paraissent contribuer à cette disposition.

Nous signalerons seulement les plateaux du *Sancerrois* et de la *Puisaye* (env. 350^m), les surfaces planes du *Nivernais*, où le rôle des fractures est apparent; nous rapporterons ces surfaces à notre pénéplaine, que nous relierons à celle, bien connue, du Massif Central.

Nous interpréterons de même le *Pays d'Othe* (290^m), puis les plateaux de

(¹) Voir Ch. Barrois, *Ann. Géogr.*, t. 6, 1897, p. 23.

Bourgogne et de *Langres*, s'élevant graduellement vers le Sud-Est jusqu'à la grande faille de Bourgogne.

Age de la pénéplaine : comprise entre la meulière de Montmorency (Chattien) et les faluns de Touraine (Vindobonien), elle paraît être l'œuvre de l'Aquitanien.

La pénéplaine présente, aux environs de Paris, l'affleurement des meulières; au delà, elle nivelle les divers terrains antérieurs.

Elle est entamée par les dépôts faluniens, et les cassures qui l'ont affectée paraissent dater du Miocène supérieur.

Étant donné la continuité des dépôts lacustres de Beauce, ceux-ci pourraient être contemporains de son élaboration, dont l'achèvement correspondrait au ravinement de ces calcaires par les sables de l'Orléanais (Burdigalien).

En résumé, une vaste pénéplaine s'est constituée, probablement durant l'Aquitanien; elle a ensuite été soulevée, relevée sur le pourtour du bassin et ondulée sur toute sa surface.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du chlore et de diverses vapeurs sur les végétaux.* Note de MM. **P. Guérin** et **Ch. Lormand**, présentée par M. L. Guignard.

A diverses reprises, l'attention a été attirée sur l'influence nocive qu'exercent sur la végétation avoisinante certaines fumées, provenant de grandes usines, chargées de vapeurs nitreuses ou sulfureuses. Au cours de la guerre, les émissions de « gaz asphyxiants » et les émanations de gaz chlorés ou autres, par des établissements travaillant pour la défense nationale, ont eu également pour les végétaux les conséquences les plus graves. Il a été donné, à l'un de nous, de constater à cet égard les funestes effets de la collongite (oxychlorure de carbone).

Il nous a paru intéressant, en raison des moyens dont nous disposions, de rechercher, d'une façon aussi méthodique que possible, l'action, à l'égard des plantes, de quelques-uns de ces corps, et de voir dans quelle mesure ces plantes étaient capables de résister.

Le chlore, la palite (chloroformiate de méthyle monochloré), la bromacétone, la chloropicrine et l'ypérite ou gaz moutarde (sulfure d'éthyle dichloré) ont été utilisés, à cet effet, à des concentrations différentes ($\frac{1}{5000}$,

$\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{2000}$, en poids), la durée de l'opération étant elle-même variable : 2 heures, 1 heure, une demi-heure.

Les expériences, surtout nombreuses avec le chlore, ont été effectuées sur des rameaux feuillés et principalement sur des plantes en pots.

En opérant dans les limites précédemment indiquées, les feuilles se montrent rapidement atteintes dans l'atmosphère de chlore où elles prennent une teinte blanche, jaune pâle, noire ou autre, suivant l'espèce considérée. Elles tombent particulièrement vite, à la suite de ce traitement, chez le Fusain du Japon et le *Phyllirœa angustifolia*, qui sont cependant des plantes à feuilles persistantes. Mais, même après séjour de 1 heure dans le chlore à $\frac{1}{2000}$, sauf quelques espèces herbacées, la totalité des plantes résistent et reprennent dans la suite une nouvelle vigueur, soit aux dépens d'une rosette centrale de feuilles, soit par suite du développement de bourgeons axillaires. Des pieds de Lin, de Tabac, de Chanvre, d'Hortensia, par exemple, ayant séjourné pendant 1 heure dans le chlore à $\frac{1}{5000}$ et ayant perdu toutes leurs feuilles, étaient en fleurs deux mois plus tard, les tiges de Lin s'étant très ramifiées. Une Avoine, soumise au même traitement, donnait, après le même laps de temps, quelques rares épillets.

Avec la palite, la bromacétone, la chloropicrine et l'ypérite, les plantes n'offrent pas, à la sortie de la chambre, cet aspect lamentable qu'elles présentent après l'action du chlore. La plupart d'entre elles ne se montrent nullement affectées par un séjour de 1 heure dans une atmosphère à $\frac{1}{2000}$ des vapeurs de ces corps. Toutes (plantes herbacées et suffrutescentes, arbustes) résistent même à un traitement analogue de 2 heures à la chloropicrine et à l'ypérite. Ce n'est qu'après plusieurs heures, avec la chloropicrine, et même au bout de 4 à 5 jours avec l'ypérite (jeunes pousses de Chrysanthème, Pélargonium, Betterave, Primevère, Tradescantia, Hortensia), que les premières atteintes du mal [1] commencent à se manifester.

Dans tous les cas, les feuilles finissent par se faner, brunissent, se recroquevillent et tombent après un temps plus ou moins long. Mais, d'une façon presque générale, comme après l'action du chlore, les plantes reprennent en définitive leur végétation normale. Aucun retard n'a même été apporté au développement d'espèces (Hortensia, Saules, Houblon, etc.) soumises, alors qu'elles n'étaient qu'en bourgeons, à des atmosphères de 3g de chloropicrine ou d'ypérite, par mètre cube.

Les « gaz asphyxiants » utilisés dans les expériences précédentes exercent sur les végétaux avec lesquels ils se trouvent momentanément en contact, leur action nocive, en déterminant chez eux le phénomène bien connu de

---

(1) Cette action, à longue échéance, de l'ypérite sur les végétaux est digne de remarque, car elle n'est pas sans présenter la plus grande analogie avec celle qu'on a pu constater sur l'organisme humain, où l'apparition des premiers symptômes de l'attaque ne se révélait qu'après plusieurs heures.

plasmolyse. Visible sous le microscope par l'examen du contenu cellulaire qui se trouve contracté, cette plasmolyse est rendue évidente par le noircissement des feuilles d'*Aucuba japonica* et le dégagement d'acide cyanhydrique par les feuilles de Laurier-cerise (rougissement du papier picro-sodé suspendu dans un flacon, en présence de ces feuilles), après leur passage dans la chambre à gaz. Très rapide avec le chlore, la plasmolyse ne commence à s'effectuer, après action de l'ypérite, qu'au bout de plusieurs jours, aussi bien avec l'*Aucuba japonica* qu'avec le Laurier-cerise.

En résumé, la plupart des plantes maintenues pendant une heure, parfois deux heures, dans une atmosphère à $\frac{1}{2000}$ *de chlore, de palite, de bromacétone, de chloropicrine ou d'ypérite, résistent à l'action de ces corps. Elles perdent leurs feuilles, mais de nouvelles apparaissent, après un temps plus ou moins long, et la plante finit par reprendre sa végétation normale.*

Les feuilles meurent par suite de plasmolyse, c'est-à-dire de contraction protoplasmique, ce phénomène très rapide avec le chlore étant particulièrement lent à se produire avec l'ypérite, dans les conditions de l'expérience.

BOTANIQUE. — *Sur la production de la chlorophylle par les végétaux exposés à une lumière discontinue.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que la plupart des végétaux élevés à l'obscurité complète ont une teinte jaune (plantes étiolées), tandis que les mêmes plantes élevées à la lumière du jour ont une teinte verte produite par la formation de chlorophylle dans certains de leurs plastides. Malgré un nombre important de travaux, cette apparition de la chlorophylle n'est pas encore connue dans ses moindres détails. C'est un de ceux-ci que j'ai essayé de faire connaître en répondant à la question suivante : *Pendant combien de temps les végétaux doivent-il être exposés*, chaque jour, *à la lumière diurne, pour que la chlorophylle commence à s'y montrer?* La manière de procéder pour répondre à cette question résulte d'elle-même de la manière dont elle est posée. On élève les plantules à l'obscurité, puis, pendant un nombre de journées variables avec les espèces mises en expérience, on les expose, plus ou moins longtemps, à la lumière du jour (lumière diffuse; exposition Nord) jusqu'à ce que les parties jaunes aient commencé à prendre une légère teinte verte, indice d'une production manifeste de chlorophylle. Voici quelques-uns des résultats obtenus, qui, évidemment, ne sont qu'approximatifs, car, d'une

part, l'intensité de la lumière varie d'un jour à l'autre et suivant l'heure à laquelle on opère (mes constatations ont été faites à Paris, entre 13h et 16h, pendant les mois d'octobre à décembre 1919 et de janvier 1920), et, d'autre part, il n'est pas toujours facile d'apprécier la première apparition de la teinte verte ou, plutôt, verdâtre, laquelle est extrêmement faible et à peine perceptible (¹) :

	On commence à constater une légère production de chlorophylle quand la plante a été exposée.			
	Durant :	Pendant :	Soit, au total, une exposition de :	
Cresson alénois (cotylédons)	2 jours	90 minutes	150 minutes	
Pois Michaux (feuilles)	20 »	120 »	2400 »	
Lupin blanc (cotylédons)	8 »	5 »	40 »	
Potiron (cotylédons)	5 »	5 »	25 »	
Sarrasin gris (cotylédons)	12 »	30 »	360 »	
Soleil (cotylédons)	6 »	20 »	120 »	
Moutarde blanche (cotylédons)	4 »	20 »	80 »	
Chicorée (cotylédons)	3 »	25 »	75 »	
Luzerne de Provence (cotylédons)	2 »	30 »	60 »	
Maïs sucré (feuilles)	10 »	120 »	1200 »	
Belle-de-nuit (cotylédons)	2 »	60 »	120 »	
Vesce d'hiver (feuilles)	2 »	120 »	240 »	
Ricin sanguin (cotylédons)	10 »	120 »	1200 »	env.
Blé hybride des alliés (feuilles)	8 »	120 »	960 »	env.

En outre de son intérêt documentaire — qui, semble-t-il, n'a qu'une importance spéculative — ce tableau montre :

1° *Que le temps durant lequel les végétaux doivent être exposés, chaque jour, à la lumière pour que la chlorophylle commence à y apparaître est très variable d'une espèce à l'autre*, puisque, dans les exemples cités, l'apparition de la teinte verte peut exiger une exposition (discontinue) de 2 (Cresson alénois) à 20 (Pois) jours; de 20 (Soleil) à 120 (Maïs) minutes par jour; de 25 (Potiron) à 2400 (Pois) minutes au total;

2° *Que les parties qui contiennent, dans leurs tissus mêmes, d'abondantes*

(¹) Bien entendu, les chiffres obtenus sont relatifs à des organes complètement nus, c'est-à-dire non protégés par un albumen, un tégument séminal ou un péricarpe, ce qui, d'ailleurs, n'est pas toujours facile à obtenir. Vu le peu de clarté de l'automne et de l'hiver à Paris, il n'y a pas de doute que les chiffres eussent été moins forts si les germinations avaient été exposées à la lumière durant l'été ou dans le Midi.

substances de réserve (cotylédons du Potiron, du Lupin blanc, de la Luzerne, de la Chicorée, etc.) *verdissent rapidement;*

3° *Que les parties qui verdissent le moins vite sont celles qui ne contiennent pas ou presque pas de matière de réserve* (feuilles du Pois, du Blé, du Maïs; cotylédons du Ricin, etc.).

Je dois ajouter enfin, pour fixer les idées et éviter toute ambiguïté, que la teinte verte dont j'ai indiqué le temps de formation est *très pâle* et, par suite, très éloignée de celle que les végétaux acquièrent à l'état ordinaire, c'est-à-dire lorsqu'ils sont exposés, tous les jours, à la totalité de la lumière diurne.

PHYSIOLOGIE. — *Indice d'endurance respiratoire.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

1. *J'appelle « indice d'endurance respiratoire » le rapport* E *de la capacité vitale au poids du corps.*

On sait que la capacité vitale exprime le volume d'air qui traverse les poumons entre l'inspiration la plus profonde et la plus complète expiration. C'est $3^l,50$ en moyenne chez l'homme adulte, contre $2^l,50$ chez la femme, environ les $\frac{5}{7}$.

Un homme, dont la capacité vitale est de 375 centilitres et le poids de 72^{kg}, aura pour indice

$$E = \frac{375}{72} = 5,2.$$

Une femme, donnant 260 centilitres et 52^{kg}, se caractérisera par

$$E = \frac{260}{52} = 5.$$

Ce coefficient a une importance énergétique, parce qu'il traduit la solidarité profonde du tirage des poumons avec le rendement de la masse musculaire (fraction déterminée du poids du corps). Il représente la *puissance massique* du moteur vivant, et son rôle est essentiel dans la dépense de force pour un exercice soutenu, ou violent (sports).

2. L'observation de 300 adultes, âgés de 20 à 40 ans, et de 100 enfants bien constitués, démontre que l'indice E a pour limite inférieure 5; c'est-à-

dire que la capacité vitale est normalement de 5 centilitres par kilogramme de poids du corps. Elle varie de 5,50 à 6 pour les sujets robustes. Au-dessous de 5, la constitution est débile ou maladive. A partir de 4, c'est un état prétuberculeux, ou même tuberculeux, soit acquis, soit héréditaire.

Les enfants ne font exception à la loi que s'il s'agit de la période de 10 à 14 ans; alors l'indice est voisin de 4,80; il oscille autour de 4,70 quand la croissance du corps est rapide.

Une telle insuffisance entraîne un accroissement de la fréquence respiratoire, supérieur à la normale. Mais les affections du thorax, de la plèvre, des poumons, portent cette fréquence jusqu'à la dyspnée. L'état dyspnéique est même la règle dans l'emphysème et la tuberculose pulmonaire; l'indice E s'y montre assez bas : 4,40 à 4.

Même constatation chez les cardiaques, à moins que le cœur n'accélère son jeu pour répondre *aux besoins de l'hématose*, et ne dispense les poumons d'un effort supplémentaire. Ainsi l'absence ou la présence de dyspnée indiquera s'il y a tachycardie ou asystolie.

Tout indice faible, produisant un excès d'activité cardiaque, est l'origine du surmenage qui se voit à certains athlètes.

3. L'indice E joue un rôle capital en *éducation physique*. Il domine le problème du classement athlétique ou professionnel, l'art du chanteur ou de l'orateur. Car il permet d'utiliser rationnellement les individus, de les entraîner par une gymnastique appropriée; de suivre, en un mot, de l'enfance à l'âge adulte, l'évolution et les progrès de l'énergie.

Les exercices respiratoires améliorent l'indice d'endurance dans de larges limites; ils augmentent, de ce fait, la résistance de l'organisme aux germes infectieux.

Nous préconisons la détermination de l'indice E comme un moyen de contrôle en hygiène scolaire, et dans l'organisation de la culture physique. Il doit prendre la place de l'*indice de Pignet*, lequel n'a guère de justification physiologique, mais, au contraire, subit tous les jours des transformations (Messerli, Costa-Ferreira, etc.) qui en révèlent le caractère nettement empirique.

BIOLOGIE. — *L'évolution de la musculature de l'épisome chez les Vertébrés*, Note de M. **Henri-V. Vallois**, présentée par M. Edmond Perrier.

Chez les *Poissons*, les muscles de l'épisome sont bien séparés de ceux de l'hyposome par un septum horizontal; de plus, ils sont cloisonnés par les myoseptes, toujours coudés chez les adultes en un angle aigu ouvert en avant. Chacun des myotomes dorsaux ainsi isolés peut être divisé en trois segments. Dans le segment latéral, situé en dehors de l'angle, les fibres musculaires sont légèrement obliques en avant et en dehors; en outre, une certaine obliquité du muscle dans le sens frontal fait qu'à ce niveau chaque myotome s'invagine sous celui qui le précède. Le segment intermédiaire correspond à l'angle du myosepte; là, les fibres musculaires sont parallèles au plan médian, mais l'obliquité du myosepte dans le sens frontal est inverse de celle du segment précédent, de sorte que chaque myotome s'invagine sous celui qui le suit. Le segment médial correspond à la région située en dedans de l'angle : à son niveau, les cases musculaires, très obliques en avant et en dedans, s'imbriquent les unes sur les autres, comme les tuiles d'un toit.

Dans tout cet ensemble, les fibres musculaires ont des attaches presque uniquement myoseptales. Les apophyses épineuses, qui se développent dans le septum dorsal, et les côtes supérieures, qui apparaissent le long des lignes d'intersection des myoseptes et du septum horizontal, ne reçoivent pour ainsi dire pas d'insertions musculaires.

La disposition des *Urodèles* est analogue à celle des Poissons, mais avec trois caractères nouveaux : les apophyses transverses, et le septum horizontal qui les prolonge, montent sur la base des arcs neuraux, d'où diminution relative de l'épisome; — les fibres profondes des myotomes s'attachent sur les pièces vertébrales et forment des faisceaux courts interosseux : muscles intertransversaires, interneuraux et interépineux; — en arrière de la tête, le premier myotome montre une tendance à s'individualiser en muscles propres. Tous ces caractères peuvent être considérés comme résultant du début d'adaptation à la vie terrestre : la diminution de l'épisome s'explique par la réduction de son rôle locomoteur, aux dépens des membres qui sont des dérivés hyposomatiques; l'apparition de faisceaux intervertébraux tient à ce que la colonne n'est plus, comme chez les Poissons, une tige élastique réagissant aux contractions musculaires,

mais forme le soutien du corps et les muscles tendent à agir directement sur elle; l'individualisation de faisceaux propres à la tête indique que celle-ci commence à acquérir une certaine indépendance de mouvements.

Chez les *Sauriens*, la segmentation myoseptale primitive tend à disparaître; en même temps, la masse de l'épisome se clive, parallèlement à la colonne vertébrale, en trois grands tractus longitudinaux, l'un médial, le *transverso-spinalis*, l'autre moyen, le *longissimus*, le dernier latéral, l'*ilio-costalis*. Chacun d'eux est innervé par un rameau spécial du nerf dorsal. La cloison conjonctive qui sépare le premier du second tractus correspond à la ligne des apophyses articulaires, celle qui sépare le second du troisième, à la ligne des articulations costo-transversaires. Il est permis de supposer que c'est à cette situation différente des fibres musculaires par rapport aux deux grandes lignes d'articulation que doit être attribué leur clivage en trois séries.

L'*ilio-costalis* est cloisonné de myoseptes qui s'attachent profondément sur les côtes et dont l'obliquité est telle que chaque case musculaire s'invagine sous celle qui la précède. Ce muscle correspond très nettement au segment latéral de l'épisome des Anamniotes. Chez les Autosauriens où les membres entrent en régression, les myoseptes s'atrophient progressivement; chez les Ophidiens, l'atrophie est complète et le muscle ne comprend plus que des fibres longues, sans la moindre trace de métamérisation. Le *longissimus* est composé de faisceaux dont chacun s'invagine sous celui qui le suit et se termine par un tendon bifurqué en un V ouvert en avant qui se jette dans les aponévroses voisines et représente le seul reste des myoseptes. L'aspect de ce tendon et le sens de l'obliquité des fibres musculaires montrent que le *longissimus* correspond au segment intermédiaire de l'épisome des Anamniotes. Le *transverso-spinalis* correspond au segment médial; ses faisceaux musculaires se terminent sur des tendons superficiels obliques en avant et en haut dont chacun s'insère sur une apophyse épineuse : la disposition de ces tendons rappelle donc tout à fait celle de la partie interne des myoseptes. Profondément, existent des muscles courts et intervertébraux.

Chez les *Chéloniens* et les *Oiseaux*, les muscles du tronc sont plus ou moins atrophiés, mais la musculature du cou atteint un degré de différenciation extrêmement marqué, où fait défaut toute trace de segmentation métamérique; l'innervation et les insertions permettent toujours d'y reconnaître les trois systèmes longitudinaux.

Chez les *Mammifères*, la colonne thoraco-lombaire forme une voûte élastique réunissant les deux bipèdes; pendant les déplacements de l'animal, sa courbure se modifie à chaque instant. En conséquence, tandis que, chez les Reptiles, les muscles de l'épisome étaient essentiellement des fléchisseurs latéraux de la colonne et, comme tels, jouaient un grand rôle dans la locomotion, chez les Mammifères, ils agissent surtout comme des extenseurs du rachis, s'adaptant à en maintenir la courbe dorsale et, plus en avant, la cervicale.

Cette nouvelle fonction se manifeste par la présence, dans la région lombaire, d'une énorme masse charnue, la « masse commune », qui prend son point fixe sur le train postérieur et s'épanouit, au niveau du train antérieur, en une série de faisceaux destinés aux côtes, aux apophyses transverses et aux apophyses épineuses. Elle est formée de plusieurs muscles, séparés en avant, mais étroitement soudés aux lombes, de sorte qu'au point de vue physiologique ils ne font vraiment qu'un. Sa partie essentielle est représentée par le *longissimus* qui a complètement perdu toute structure métamérique et n'est plus composé que de faisceaux longs. En dehors, il s'est annexé tous les faisceaux lombaires de l'*ilio-costalis*. En dedans, il s'est annexé l'épineux et le demi-épineux, muscles qui se sont différenciés aux dépens de la couche superficielle du *transverso-spinalis* dont ils partagent toujours l'innervation.

La partie thoracique de l'*ilio-costalis* reste indépendante de la masse commune et forme un étroit ruban composé de fibres longues intercostales; chez l'ornithorynque, il est encore traversé par des myoseptes. La réduction énorme de ce muscle par rapport aux Sauriens tient à ce que c'est essentiellement un fléchisseur latéral du rachis; son rôle est donc bien réduit chez les Mammifères. La partie profonde du *transverso-spinalis*, également indépendante de la masse commune, se scinde en un grand nombre de faisceaux obliques superposés qui, sous le nom de *multifide* et de *rotateurs*, contribuent à assurer la solidité de la colonne et jouent surtout un rôle de ligament actif.

ZOOLOGIE. — *Variation de place chez* Corophium volutator (*Pall.*).
Note [1] de M. L. **Mercier**, présentée par M. Yves Delage.

Corophium volutator (Pall.) [*C. grossipes L.*, *C. longicorne* Latr., etc.] [2] est un Crustacé amphipode commun le long de nos côtes de la Manche et de l'Atlantique où il vit dans des trous creusés dans la vase ou l'argile au niveau de la zone de balancement des marées. On le rencontre également à l'embouchure de certains cours d'eau et dans des flaques d'eau saumâtre en communication plus ou moins directe avec la mer.

Or, étudiant comparativement des *C. volutator* capturés, les uns dans la mer à Roscoff [3] et à Bernières-sur-Mer, les autres dans l'argile des bords du Canal de Caen à la Mer entre Oyestreham et Bénouville [4], j'ai constaté l'existence de différences morphologiques très nettes entre les exemplaires de ces diverses stations.

Ces différences sont telles que Le Sénéchal (1888) [5] a rapporté la forme du Canal à *C. bonelli* M. E. Or, d'après Stebbing, cette dernière espèce vit dans la mer par 11^{m} à 19^{m} de fond et se différencie facilement de *C. volutator* par la coalescence des segments 4 — 6 du pléon.

Les Corophies pêchées dans la mer à Roscoff et à Bernières répondent, dans leur ensemble, à la description de *C. volutator* (Pall.) donnée par Stebbing. Elles sont de couleur blanchâtre avec de légères taches brunes sur le dos et les antennes de la seconde paire. Le telson a sensiblement la forme d'un triangle équilatéral à sommet un peu arrondi. Les mâles, ainsi

---

(1) Séance du 26 janvier 1920.

(2) Stebbing, *Amphipoda. I. Gammaridæ* (*Tierreich.* 21 *Lief.*, Berlin, 1906).

(3) Je prie M. le professeur Y. Delage de bien vouloir accepter mes plus vifs remerciments pour l'hospitalité qu'il a bien voulu m'accorder en 1918 à la Station biologique de Roscoff et pour les envois de Corophies qu'il m'a fait parvenir cette année.

(4) D'après Le Sénéchal [*Note sur quelques animaux recueillis dans le Canal de Caen à la Mer* (*Bull. Soc. linnéenne de Normandie*, 4e série, t. 1, 1888, p. 87)], la salure des eaux du Canal prise au pont de Bénouville est environ 13 fois moins forte que celle de la Manche.

(5) Le Sénéchal a établi la détermination des exemplaires de *Corophium* qu'il a capturés dans le Canal à l'aide de l'ouvrage de Bate et Westwood (*British sessile Eyed Crustacea*, t. 1, p. 497). Or, Stebbing identifie *C. bonelli* (part : ♀) Bate et Westwood à *C. crassicorne* Bruz.

que Delage (¹) l'a signalé, sont plus rares que les femelles. Les deux sexes se différencient facilement par la conformation des antennes de la seconde paire qui sont plus longues chez les mâles.

Toutefois, j'attirerai l'attention sur une particularité qui, je crois, n'a pas encore été notée. Lorsqu'on examine un assez grand nombre d'individus provenant d'une même station, on est frappé du polymorphisme que les individus *aptes à la reproduction* présentent dans la taille. C'est ainsi que pour des *femelles porteuses* d'œufs, la longueur du corps, antennes non comprises, varie entre 5^{mm} et 8^{mm}. Des différences de taille du même ordre existent entre des mâles dont les *canaux déférents sont remplis de spermatozoïdes*. Chez les mâles de grande taille, le premier article des antennes de la première paire est très nettement serrulé en dessous, alors que chez les petits mâles la serrulation est nulle ou peu marquée.

Or, si l'on examine un lot important de *Corophium* provenant du Canal de Caen à la Mer, on constate que s'il existe de grandes et de petites femelles porteuses d'œufs, les grands mâles font défaut; j'ai uniquement capturé de petits mâles à premières antennes non serrulées en dessous (²).

Mais, en plus de cette première particularité, les Corophies du canal présentent encore d'autres dissemblances avec celles de la mer. Elles sont beaucoup plus pigmentées et de ce fait elles possèdent une couleur terre-de-sienne qui les rend très homochromes avec la vase argileuse dans laquelle elles creusent leurs galeries. Le telson ne possède plus la forme d'un triangle équilatéral; il est moins haut et sa pointe est fortement arrondie.

Enfin, j'ai noté une variation appréciable d'un caractère des premières antennes auquel les auteurs accordent une certaine valeur taxonomique.

Chez les mâles, grands et petits, capturés dans la mer, je n'ai jamais compté plus de deux épines au bord inférieur du premier article de chacune des antennes de la première paire (10 mâles de Roscoff, 14 mâles de Bernières). Par contre, sur 16 mâles capturés dans le canal :

10 présentaient deux épines à chacune des antennes;
2 présentaient deux épines à une antenne et trois épines à l'autre;
4 présentaient trois épines à chacune des antennes.

(¹) Y. Delage, *Contribution à l'étude de l'appareil circulatoire des Crustacés édriophthalmes marins* (*Arch. zool. exp.*, t. 9, 1881, p. 1).

(²) Il est de toute évidence que Le Sénéchal n'a également pas capturé de grands mâles dans le canal; ceux-ci sont, en effet, si caractéristiques que l'auteur n'eût pas commis d'erreur dans la détermination.

Une variation parallèle, mais plus marquée, existe également chez les femelles comme le montre le Tableau suivant :

Stations.	Nombre total d'exemplaires.	Catégories.	Nombre d'épines au premier article des premières antennes.
Roscoff........	31	29	deux épines à chaque antenne.
		2	deux épines à une des antennes, trois à l'autre.
Bernières......	28	15	deux épines à chaque antenne.
		7	deux épines à une des antennes, trois à l'autre.
		6	trois épines à chaque antenne.
Canal de Caen à la Mer	64	46	trois épines à chaque antenne.
		4	trois épines à une des antennes, quatre à l'autre.
		14	trois épines à une des antennes, deux à l'autre.

On voit donc que le nombre de fréquence des épines est 2 pour les Corophies femelles pêchées à Roscoff et à Bernières, et 3 pour celles provenant du Canal de Caen à la Mer.

A mon avis, toutes les différences que je viens de signaler entre les Corophies provenant de ces diverses stations doivent rentrer dans le cadre de *la variation de place;* c'est-à-dire de celle qui différencie des animaux de même espèce habitant des milieux quelque peu différents. On sait [1] que la variation de place reconnaît des causes multiples : 1° les populations peuvent ne pas être formées par les mêmes génotypes; 2° les différences du milieu peuvent influer sur le soma des individus et produire des fluctuations; 3° les deux causes de variations se superposent, ce qui est sans doute le cas le plus fréquent. Mais, comme Sollaud [2] vient de le faire remarquer au sujet de la variation du nombre des dents du rostre chez *Palemonetes varians microgenitor* Boas, il serait imprudent de se prononcer de prime abord en faveur de l'une ou de l'autre de ces différentes causes. Seule, l'expérimentation permettra de résoudre le problème.

---

[1] Cuénot, *Genèse des Espèces animales*, p. 198.

[2] Sollaud, *Influence des conditions du milieu sur les larves du* Palemonetes varians microgenitor Boas (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 735).

PROTISTOLOGIE. — *Existence chez les Radiolaires de Péridiniens parasites considérés comme formes de reproduction de leurs hôtes.* Note [1] de M. ÉDOUARD CHATTON, présentée par M. Yves Delage.

L'existence de deux catégories de flagellispores chez les Radiolaires : les isospores et les anisospores, est depuis Brandt (1885) une notion classique. Les isospores sont caractérisées par l'égalité de taille de toutes les spores issues d'un même individu, par leur silhouette généralement piriforme, et leurs deux flagelles subégaux insérés au pôle antérieur aigu. Ce seraient des éléments de simple multiplication. Les anisospores sont définies par le dimorphisme, quant à la taille, des éléments produits par un même individu, par leur silhouette réniforme ou étranglée à l'équateur et leurs deux flagelles inégaux insérés dans le hile du rein, ou dans l'étranglement équatorial. Elles sont considérées comme des éléments sexuellement différenciés, des gamètes.

Les spores ont été étudiés dans des conditions convenables chez très peu d'espèces de Radiolaires. C'est à Brandt (1885-1905) qu'on en doit les figures les plus précises. Les anisospores de *Collozoum inerme* qu'il a figurées sont réniformes, sans différenciation apparente des deux flagelles. Mais celles d'un *Sphærozoum* (*S. punctatum?*) ont une forme gymnodinienne des plus caractérisées. Celles de *Thalassicolla nucleata* sont aussi nettement gymnodiniformes.

A cause de leur extrême labilité, les spores des Radiolaires ne peuvent être étudiées que sur le vivant, tandis que leur genèse ne peut l'être que sur coupes.

Aussi est-il fort difficile de relier avec certitude les formes sporales observées aux séries d'images tirées du matériel fixé. Brandt est le seul qui ait établi une relation nette de cet ordre pour *Thalassicolla nucleata*. Il a bien défini les caractères massifs des deux évolutions parallèles et indépendantes qui conduisent, l'une à la formation des isospores, l'autre à la formation des anisospores. Walter Huth (1913) a précisé, chez *Thalassicolla spumida*, la cytologie de ces deux séries de stades. Sa terminologie et ses interprétations diffèrent d'ailleurs de celles de Brandt, mais ceci importe peu.

Les deux séries de phénomènes cytologiques diffèrent d'une manière complète. J'en résume les traits essentiels d'après W. Huth.

(1) Séance du 9 février 1920.

Série A (Isosporenbildung de Brandt, Makrogametengenese ou Spindelkernserie de Huth). — Le noyau effectue une mitose multiple de même type que celles étudiées par Schaudinn (1895) chez *Calcituba*, Caullery et Mesnil (1900) chez les Grégarines, Moroff (1908) chez les *Aggregata*, etc. Les nombreux noyaux fils résultant de cette première mitose continuent à se diviser par cinèses bipolaires normales avec fuseaux et asters. L'emplacement du noyau primaire, puis tout le cytoplasme de la capsule centrale, est occupé par ces petits noyaux. Les gros globes de graisse du cytoplasme se fragmentent et leurs fragments se répartissent dans les spores.

Série B (Anisosporenbildung de Brandt, Mikrogametengenese ou Schlauchkernserie de Huth). — Dans le noyau, dont la structure n'est pas sensiblement modifiée pendant toute la première partie de cette évolution, apparaissent, on ne sait au juste comment, des noyaux secondaires compacts groupés dans des tractus tubulaires d'une substance hyaline bien distincte du caryoplasme. Ces tubes nucléés, non cloisonnés, s'accroissent, percent la membrane nucléaire et poussent dans le cytoplasme, non sans se contourner ni se ramifier. Leur substance fondamentale est nettement séparée du cytoplasme de la capsule centrale. Ils finissent par l'encombrer tout entière. Leurs noyaux sont d'un type très différent de ceux de la série A. Constamment en état de division, ils ne montrent ni plaque équatoriale ni figure achromatique, mais seulement des chromosomes verruqueux, au nombre de 10, tendus entre les deux pôles. La graisse cytoplasmique est ici entièrement résorbée. Rappelons que cette évolution a été bien vue dans son ensemble par Brandt (1905) jusqu'à la formation des anisospores gymnodiniformes.

Il n'est pas contestable que la série A soit une évolution normale du Radiolaire; elle débute par une mitose multipolaire du noyau primaire qui ne permet aucun doute à cet égard.

Par contre le début de la série B : formation de tubes nucléés dans le noyau, à part cela non modifié, leur irruption à travers le membrane nucléaire n'est réductible à aucun des modes de caryodiérèse connus. Ces images très précises et d'ailleurs remarquablement photographiées par Huth où l'on voit les tubes nucléés ne se confondre ni avec le caryoplasme ni avec le cytoplasme, mais se substituer progressivement à eux, ne devaient-elles pas éveiller l'idée qu'il s'agissait là de l'évolution d'un organisme parasite du Radiolaire?

Mes recherches sur les Péridiniens parasites me permettent de l'affirmer. J'ai fait connaître ici même en 1910 des Péridiniens parasites du cœlome

des Copépodes pélagiques, les *Syndinium* qui s'y développent sous forme de plasmodes à très nombreux noyaux et se résolvent à maturité en spores gymnodiniennes incolores. Les caractères cytologiques de ces noyaux, ceux de leur mitose, et jusqu'au nombre de leurs chromosomes (10), sont exactement ceux que Huth décrit et figure dans les tubes nucléés de *Thalassicolla spumida*. Dans les deux cas la formation des spores est précédée d'un stade où les dix chromosomes, jusque-là en fuseaux bipolaires, se condensent et se soudent par un de leurs pôles en un *bouquet ou candélabre* à dix branches.

Les dinospores des *Syndinium* offrent un dimorphisme tout à fait comparable à celui des « anisospores » des Radiolaires, à cette différence près que chez les premiers macrospores et microspores sont toujours issues de deux plasmodes différents.

Les seules spores que l'on puisse légitimement attribuer aux Radiolaires sont les spores piriformes à deux flagelles polaires et subégaux. Je les ai observées chez *Collozoum inerme*. Elles ne possédaient pas le cristalloïde que l'on figure généralement dans les spores des Polycyttaires, et que présentent très fréquemment par contre les dinospores des *Syndinium*.

Chez ces Polycyttaires il n'a pas été décrit moins de quatre modes de reproduction. Il faudra faire là aussi la part du parasitisme. Des Péridiniens, des Syndinides y sont certainement en cause. Leur existence s'affirme par les anisospores gymnodiniennes des *Sphærozoum* (Brandt, 1905). Certains stades végétatifs et de sporulation de ces Radiolaires présentent les concrétions très particulières qui existent d'une manière constante dans le plasmode des *Syndinium*.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 5 janvier 1920.)

Note de M. *G.-A. Hemsalech*, Sur l'émission aux températures hautes de particules positives lumineuses par les métaux alcalins :

Page 45, ligne 2 en remontant, *au lieu de* carborundum dur, *lire* carborundum pur.

Page 46, ligne 9 en remontant, *au lieu de* un atome ayant un ou plusieurs électrons, *lire* un atome ayant perdu un ou plusieurs électrons.

(Séance du 2 février 1920.)

Note de M. *G.-A. Boulenger*, Une Tortue extraordinaire : *Testudo Loveridgii*, sp. n. :

Page 264, lignes 20 et 21, *au lieu de* 1500^{mm} et 1180^{mm}, *lire* 150^{mm} et 118^{mm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 FÉVRIER 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Louis Mangin** donne lecture de la Notice nécrologique suivante :

L'Académie vient d'être encore éprouvée par la mort d'un de ses Correspondants de Botanique, M. **Émile Boudier**, l'éminent mycologue, élève de Léveillé. Né à Garnay (Eure-et-Loir), le 6 janvier 1828, notre confrère s'est éteint à Blois le 4 février 1920. Il étudia d'abord la pharmacie chez son père, puis suivit les cours de l'École de pharmacie de Paris, devint interne à la Salpêtrière et aux Quinze-Vingts. Reçu docteur en pharmacie, il vint s'établir à Montmorency, qu'il ne quitta qu'en 1914.

Il avait hérité de son père un goût très vif pour l'entomologie et s'était acquis, dans cette branche de la science, une certaine notoriété, lorsqu'il se lia avec Léveillé, son voisin à Montmorency. De leurs relations naquit, chez Boudier, une passion véritable pour les études mycologiques qui lui fit délaisser l'entomologie.

Son premier Mémoire sur les Champignons date de 1866 et fut couronné par l'Académie de Médecine, dont il devint bientôt le Correspondant.

Il avait accumulé beaucoup de matériaux, notes et dessins, quand survint la guerre de 1870, où les Allemands, fidèles aux méthodes de rapine qu'ils ont perfectionnées depuis, dérobèrent dans sa collection d'Insectes les espèces les plus rares et firent main-basse sur la collection de dessins et de notes inédites. Ce vol, qui le privait du fruit de plusieurs années de travail, ne le découragea pas; il reprit avec ardeur ses chères études, herborisant sans cesse pour se procurer des matériaux, et entraînant à sa suite de jeunes mycologues formés à son école.

Observateur très perspicace et très sûr, en même temps qu'artiste délicat,

il excellait à reproduire dans ses dessins, qui sont à la fois des merveilles d'art et de science, les plantes qu'il décrivait. Il publia de nombreuses descriptions d'espèces nouvelles dans le *Bulletin de la Société mycologique de France*, qu'il avait contribué à fonder avec Quélet et Mougeot.

On peut citer, comme des modèles d'observation critique, *la Révision analytique des Morilles de France;* les *observations anatomiques sur quelques-unes des principales espèces d'Amanites*, etc. Il avait émis dans son Mémoire *Sur le parasitisme probable de quelques espèces d'Elaphomycètes* des idées que les recherches ultérieures ont confirmées.

Son *Essai de classification des Discomycètes charnus*, qui lui valut en 1887 le prix Desmazières, ébauché déjà par une Note sur les *Ascobolus* et complété en 1907 par un Mémoire plus étendu *Sur les Discomycètes d'Europe*, a une grande portée, car il a misde l'ordre et de la clarté dans un groupe important de champignons. Basée sur le mode de déhiscence des asques dont il a le premier montré l'importance, sa classification permet de grouper d'une manière plus naturelle des genres et des espèces dont l'affinité avait été méconnue.

La publication des *Icones mycologici* mit le sceau à sa réputation de savant. Cet Ouvrage, qui comprend 600 planches exécutées d'après ses aquarelles et sous sa direction, constitue une œuvre comparable aux *Selectæ Fungorum* de Tulasne par la beauté des dessins, la précision et la sûreté des analyses et la concision du texte.

En l'élisant au nombre de ses Correspondants de Botanique, en 1909, l'Académie a donné à M. Émile Boudier la seule récompense qu'ambitionnait ce savant modeste dont toute la vie a été consacrée à la Science.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la méthode de Gauss pour le calcul des perturbations séculaires*. Note de M. **H. Andoyer**.

La détermination numérique des inégalités séculaires du premier ordre du mouvement d'une planète a été ramenée par Gauss au calcul de certaines intégrales elliptiques. Sa méthode a été successivement perfectionnée par de nombreux auteurs, parmi lesquels on doit citer G.-W. Hill, O. Callandreau, G. Halphen, etc. En particulier, M. R.-T.-A. Innes a montré (*Monthly Notices*, t. 67, 1907) que tout le calcul dépendait des deux seules fonctions

$$\Phi = \frac{2}{\pi}\,\frac{2g_2\eta - 3g_3\omega}{4D^2}, \qquad \Phi' = \frac{2}{\pi}\,\frac{g_2^2\omega - 18g_3\eta}{8D^2},$$

où les lettres g_2, g_3, ω, η ont leur signification ordinaire dans la théorie des fonctions elliptiques, avec en outre

$$D^2 = (e_2 - e_3)^2 (e_3 - e_1)^2 (e_1 - e_2)^2 = \frac{1}{16}(g_2^3 - 27 g_3^2);$$

et il a donné pour ces fonctions deux expressions remarquables sous forme de séries hypergéométriques, en même temps que des Tables pour leur calcul, établies par M. F. Robbins.

Voici deux nouvelles expressions de ces fonctions, qui me paraissent encore mieux appropriées au calcul numérique.

Soit

$$\cos\varphi = \sqrt{\frac{e_1 - e_2}{e_1 - e_3}}, \qquad h = \operatorname{tang}^2 \frac{\varphi}{2},$$

puis, suivant la notation ordinaire de la série hypergéométrique,

$$S = F\left(-\frac{1}{2}, -\frac{3}{2}, 2, h^2\right),$$
$$S' = F\left(-\frac{5}{2}, -\frac{3}{2}, 2, h^2\right) + h^2 F\left(\frac{1}{2}, -\frac{3}{2}, 3, h^2\right);$$

on a

$$\Phi = \frac{5}{8} \frac{\cos^2 \frac{\varphi}{2}}{\cos^4\varphi (e_1 - e_3)^{\frac{7}{2}}} S, \qquad \Phi' = \frac{7}{8} \frac{\cos^6 \frac{\varphi}{2}}{\cos^4\varphi (e_1 - e_3)^{\frac{3}{2}}} S'.$$

Explicitement, d'ailleurs,

$$S = 1 + \frac{3}{8} h^2 - \frac{1}{2^6} h^4 - \frac{1}{2^{10}} h^6 - \frac{3}{2^{14}} h^8 - \frac{7}{2^{17}} h^{10} - \frac{21}{2^{20}} h^{12} - \ldots,$$
$$S' = 1 + \frac{23}{8} h^2 - \frac{1}{2^6} h^4 + \frac{19}{2^{10}} h^6 + \frac{29}{2^{14}} h^8 + \frac{53}{2^{17}} h^{10} + \frac{139}{2^{20}} h^{12} + \ldots.$$

Ces deux séries sont donc d'un calcul facile et d'une convergence très rapide, au moins dans les cas usuels. Dans le cas extrême de $h = 1$, elles ont respectivement pour valeurs $\frac{64}{15\pi}$, $\frac{256}{21\pi}$.

Pour faciliter encore leur calcul lorsque h est suffisamment petit, ce qui sera le cas ordinaire, écrivons-les sous la forme

$$S = 1 + \frac{3h^2}{8} - \varepsilon, \qquad S' = 1 + \frac{23h^2}{8} - \varepsilon';$$

la courte table suivante suffit à faire connaître les corrections très petites

ε, ε', avec l'approximation de la septième décimale au moins :

log h.	log ε.	Diff.	log ε'.	Diff.
$\bar{2}$,5.........	$\bar{8}$,19		$\bar{8}$,19	
		0,40		0,40
$\bar{2}$,6.........	$\bar{8}$,59		$\bar{8}$,59	
		0,40		0,40
$\bar{2}$,7.........	$\bar{8}$,99		$\bar{8}$,99	
		0,40		0,40
$\bar{2}$,8.........	$\bar{7}$,39		$\bar{7}$,39	
		0,40		0,40
$\bar{2}$,9.........	$\bar{7}$,794		$\bar{7}$,791	
		0,400		0,398
$\bar{1}$,0.........	$\bar{6}$,194		$\bar{6}$,189	
		0,400		0,397
$\bar{1}$,1.........	$\bar{6}$,594		$\bar{6}$,586	
		0,400		0,395
$\bar{1}$,2.........	$\bar{6}$,9945		$\bar{6}$,9806	
		0,4004		0,3921
$\bar{1}$,3.........	$\bar{5}$,3949		$\bar{5}$,3727	
		0,4006		0,3871
$\bar{1}$,4.........	$\bar{5}$,7955		$\bar{5}$,7598	
		0,4011		0,3785
$\bar{1}$,5.........	$\bar{4}$,1966		$\bar{4}$,1383	

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'absorption du calcium par les racines des plantes et ses propriétés antitoxiques vis-à-vis du cuivre.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

Dans une précédente Communication, nous avons insisté sur le rôle prépondérant et absolument spécifique que joue le calcium au cours du développement des jeunes plantes (¹); comme, d'autre part, on sait que ce métal représente pour les végétaux l'un des meilleurs antidotes du cuivre, il était à présumer qu'il existe entre ces deux effets un rapport intime, dont la nature est totalement inconnue. C'est en vue de l'établir que nous avons entrepris le présent travail.

Disons d'abord que l'absorption de la chaux (à l'état de sulfate) par les plantes en voie de germination est extrêmement rapide, qu'elle croît régulièrement avec la concentration des liqueurs, tant que celle-ci reste faible, enfin que l'action favorisante du calcium, comme celle de tous les autres éléments nutritifs, ne s'exerce que jusqu'à une certaine limite.

C'est ce que démontrent les expériences suivantes, qui ont été plusieurs fois répétées et ont porté chacune sur un ensemble de 10 graines (pois gris d'hiver) cultivées sur sable en soucoupes. Les poids de sulfate de chaux

(¹) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 45.

absorbé ont été déterminés en retranchant de la quantité qu'on en avait fournie au sable celle qu'on y a retrouvée à la fin [1].

	Après 3 jours.		Après 5 jours.		Après 7 jours.	
	Longueur des racines.	$CaSO^4$ absorbé.	Longueur des racines.	$CaSO^4$ absorbé.	Longueur des racines.	$CaSO^4$ absorbé.
$CaSO^4$ initial 0mg,25....	»	»	48mm	0mg,13	54mm	0mg,16
» » 0,50....	27mm	0mg,31	58	0,42	73	0,44
» » 1,00....	»	»	51	0,73	71	0,91

Dans ce cas, la dose de sulfate de chaux qui paraît la plus efficace est d'environ 0mg,05 par graine; son absorption, qui porte sur les 0,90 de la dose initiale, est déjà très proche de sa limite après 4 ou 5 jours seulement. Elle ne saurait être absolument complète, car la graine peut de son côté abandonner à l'eau une partie du calcium qu'elle renferme, jusqu'à concurrence d'un certain état d'équilibre. Pour en avoir la preuve, il suffit d'examiner le sable sur lequel, après l'avoir mouillé d'eau pure, on a fait germer 10 grains de pois; après 5 jours, on y trouve une quantité de calcium équivalant à 0mg,05 de sulfate et, après 7 jours, 0mg,08. Ces quantités ne représentent d'ailleurs qu'une faible fraction de ce que renfermaient primitivement les semences et proviennent sans doute pour la plus grande partie de leurs téguments.

Les cultures suivantes ont été faites dans des tubes de quartz, avec des dissolutions renfermant par litre les poids de sulfate de chaux indiqués ci-après; l'expérience a duré en tout 16 jours.

	Eau pure.	0mg,5 $CaSO^4$.	5mg $CaSO^4$.	50mg $CaSO^4$.	100mg $CaSO^4$.
Racines..............	32mm	65mm	119mm	126mm	119mm
Tiges................	19mm	48mm	159mm	154mm	164mm
Durée de la croissance.	3 jours	7 jours	10 jours	11 jours	12 jours

L'existence d'une limite à l'action favorisante du calcium, agissant seule en solution étendue, est encore ici nettement accusée; son influence sur les racines n'augmente plus guère au delà de 5mg de sulfate par litre de liqueur, soit 0mg,25 par graine; les tiges seules semblent profiter encore d'une plus forte concentration, en même temps que la durée de l'accroissement se prolonge davantage.

(1) Les dosages de chaux ont été effectués par titration au permanganate (0g,25 par litre) de l'oxalate, précipité sous le volume de 2^{cm^3}, puis rassemblé et lavé par centrifugation. On peut ainsi reconnaître $\frac{1}{50}$ de milligramme de sulfate de chaux et la doser exactement à $\frac{1}{20}$ de milligramme près. Le cuivre a été dosé par notre méthode au ferrocyanure, en présence de zinc, qui permet d'apprécier sûrement le $\frac{1}{200}$ de milligramme.

Ces premiers principes étant admis, on peut se demander maintenant pourquoi le calcium fonctionne comme antitoxique vis-à-vis du cuivre ou plus généralement des métaux lourds. Nous savons déjà que cette action n'est que partielle, mais nous en ignorons le mécanisme; l'antagonisme de ces corps tient-il à ce que chacun d'eux crée un obstacle à la pénétration de l'autre dans les tissus vivants, ou bien à ce que le calcium, par son influence stimulante, donne à la plantule la force de résister au poison? Dans le premier cas le phénomène serait d'ordre surtout chimique, dans le second d'ordre physiologique. Pour décider entre ces deux hypothèses également plausibles, nous avons fait une étude comparative de l'absorption du calcium et du cuivre dans les jeunes plantes en voie d'accroissement.

Nos premiers essais ont été effectués sur sable, en présence de sulfate de chaux et de sulfate de cuivre, seuls où associés l'un à l'autre.

Si la proportion de cuivre est un peu considérable, supérieure, par exemple, à celle que renferment $0^{mg},5$ de sulfate anhydre pour 10 graines, on voit les racines brunir, surtout à l'extrémité, et d'autant plus fortement qu'il y a moins de chaux : il y a alors intoxication profonde, que le calcium est incapable de combattre efficacement. Mais, dans tous les cas, si l'on prolonge un peu la culture, on assiste à un phénomène curieux : la racine principale cesse de s'accroître, puis s'atrophie, et à sa place on voit apparaître une foule de radicelles, parfaitement incolores, qui se développent d'autant mieux qu'il y a davantage de chaux et arrivent dans l'espace de quelques jours à dépasser de beaucoup la pointe du pivot mortifié : la plante revient à la vie après avoir été sur le point de mourir.

Le Tableau qui suit rend bien compte de cette particularité; on remarquera, en outre, que la quantité de chaux absorbée est à peu de chose près proportionnelle à celle qu'on avait primitivement introduite dans le sable.

	Eau pure.	$0^{mg},25 CaSO^4$ seul.	$0^{mg},25 CuSO^4$ seul.	$0^{mg},25 CuSO^4$ $0^{mg},25 CaSO^4$.	$0^{mg},25 CuSO^4$ $0^{mg},5 CaSO^4$.	$0^{mg},25 CuSO^4$ $1^{mg}, CaSO^4$.	$0^{mg},25 CuSO^4$ $2^{mg}, CaSO^4$.
				Après 6 jours.			
Racines	26^{mm}	69^{mm}	25^{mm}	36^{mm}	31^{mm}	32^{mm}	33^{mm}
Radicelles......	rares	rares	rares	peu abond.	plus abond.	plus abond.	plus abond.
Tiges	26^{mm}	31^{mm}	28^{mm}	30^{mm}	27^{mm}	33^{mm}	31^{mm}
$CaSO^4$ absorbé..	»	»	»	$0^{mg},12$	$0^{mg},39$	$0^{mg},73$	$1^{mg},49$
				Après 9 jours.			
Racines	26^{mm}	76^{mm}	25^{mm}	28^{mm}	35^{mm}	31^{mm}	35^{mm}
Radicelles.....	rares	rares	courtes	33^{mm}	40^{mm}	38^{mm}	43^{mm}
Tiges	34^{mm}	37^{mm}	29^{mm}	33^{mm}	34^{mm}	34^{mm}	39^{mm}
$CaSO^4$ absorbé..	»	$0^{mg},20$	»	$0^{mg},13$	$0^{mg},40$	$0^{mg},89$	$1^{mg},60$

Si l'on tient compte des différences de dimensions des plantules on voit que le cuivre n'a aucunement empêché la pénétration du calcium dans leur intérieur. L'analyse montre qu'au moment où les radicelles prennent plus d'extension le sable ne renferme presque plus de cuivre ; le milieu de culture a donc changé de composition et c'est à cela qu'il doit de n'être plus aussi toxique à la fin de l'expérience qu'au début.

Ce changement progressif de composition et de concentration des liqueurs nutritives qui sont offertes aux jeunes plantes sous un volume restreint (environ 10^{cm^3}) quand on les cultive sur sable constitue un défaut de la méthode, auquel on peut joindre l'imperfection du contact qui s'établit entre le sable lui-même et les racines qui rampent à sa surface. Pour l'éviter, nous avons repris les mêmes essais en tubes de quartz; les racines, de 20^{mm} environ de longueur au commencement de l'expérience, étaient alors entièrement plongées dans le liquide que, par surcroît de précaution, on a changé tous les deux jours, de façon à maintenir à peu près constante sa richesse en principes actifs.

L'influence de ce renouvellement n'est pas négligeable; elle est surtout sensible quand la dose de cuivre est faible : défavorable à l'évolution des racines parce que la quantité globale de cuivre qui leur est fournie est plus grande que dans une solution non renouvelée; favorable, au contraire, à l'allongement des tiges parce que celles-ci reçoivent davantage de calcium, plus mobile que le cuivre.

Dans les Tableaux ci-après, les concentrations indiquées représentent les doses de sels contenus dans 1^l des différentes solutions ; la culture suivante a été prolongée pendant 14 jours.

	$0^{mg},1$ Cu SO^4 seul.	$0^{mg},1$ Cu SO^4, $0^{mg},5$ Ca SO^4.	$0^{mg},1$ Cu SO^4, 5^{mg} Ca SO^4.	$0^{mg},1$ Cu SO^4, 50^{mg} Ca SO^4.	$0^{mg},1$ Cu SO^4, 100^{mg} Ca SO^4.
Racines......	27^{mm}, rouges	48^{mm}, incol.	82^{mm}, incol.	93^{mm}, incol.	92^{mm}, incol.
Radicelles....	punctiformes	3^{mm}	4^{mm}	8^{mm}	12^{mm}
Tiges........	39^{mm}	33^{mm}	99^{mm}	126^{mm}	149^{mm}
Durée de la croissance..	2 jours	4 jours	8 jours	10 jours	13 jours

Les radicelles profitent encore grandement des apports de chaux, mais elles n'arrivent plus à dépasser la racine principale comme dans les cultures sur sable; l'intoxication, qu'elle soit faible ou forte, reste uniforme dans toute l'étendue des organes immergés.

L'expérience, contrôlée plusieurs fois, est assez démonstrative pour se passer d'autres commentaires; nous n'en rapporterons plus qu'une seule,

instituée en vue de savoir combien les jeunes plantes absorbent de cuivre dans ces conditions. Les cultures ont encore été faites dans des tubes de quartz, dont le contenu était renouvelé tous les deux jours, les liqueurs résiduelles étant mises en réserve pour l'analyse finale. Après 12 jours on y a dosé le cuivre, ainsi que dans les racines et les tiges des huit plantules mises en observation.

	$0^{mg},1$ Cu SO^4 seul.			$0^{mg},1$ Cu SO^4 + 50^{mg} Ca SO^4.		
	Racines.	Tiges.	Liquides.	Racines.	Tiges.	Liquides.
Longueur des organes.	26^{mm}	23^{mm}	»	74^{mm}	119^{mm}	»
Cuivre dosé..........	$0^{mg},025$	$0^{mg},003$	$0^{mg},030$	$0^{mg},022$	$0^{mg},010$	$0^{mg},020$
Radicelles...........	rares, punctiformes			nombreuses, de 12^{mm} à 14^{mm}		
Durée de la croissance.	2 jours			9 jours		

La quantité absolue de cuivre fournie à chacune de ces deux séries d'expériences étant d'environ $0^{mg},06$, on a pu ainsi en retrouver respectivement $0^{mg},058$ et $0^{mg},052$, le reste étant imputable aux pertes qu'il est impossible d'éviter dans des opérations aussi délicates. La plus grande partie du métal absorbé reste, comme on le voit, dans les racines, qui noircissent et se mortifient quand elles ne sont pas sollicitées dans leur développement par la présence de la chaux; mais une autre portion, qui est loin d'être négligeable dans le cas du mélange Cu-Ca, passe dans les tiges, en vertu de la mobilité que nous avons précédemment reconnue au cuivre (1) et sans en être empêchée par la présence d'une quantité considérable de chaux.

De tous ces résultats, dont l'exactitude a été vérifiée par un grand nombre d'autres observations qui ne sauraient trouver place ici, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le calcium, même en excès, ne s'oppose pas à l'absorption du cuivre par les racines des plantes, ni à sa diffusion dans leurs organes aériens; ce n'est donc pas parce qu'il fait obstacle à sa pénétration qu'il agit comme antidote du cuivre.

2° La présence du cuivre n'empêche pas l'assimilation du calcium; ce n'est donc pas parce qu'il prive la jeune plante de l'un de ses aliments essentiels que ce métal est vénéneux.

3° L'action antitoxique du calcium est d'ordre physiologique; elle tient surtout à ce que ce métal, en favorisant l'évolution de la plante, lui donne une plus grande vigueur et, en particulier, augmente le volume dans lequel

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 87.

s'exerce la diffusion du cuivre, empêchant ainsi, entre certaines limites, bien entendu, toute accumulation dangereuse de ce dernier. Le seul fait qu'une petite quantité de sulfate de chaux, ajoutée à une solution cuivrique étendue permet aux racines d'y demeurer incolores, suffit à établir ce point important.

Ces deux effets contraires du calcium et du cuivre ne sauraient d'ailleurs se compenser parfaitement, et l'on comprend sans peine pourquoi l'action protectrice du premier n'est pas absolue, en d'autres termes pourquoi l'influence nocive du cuivre se fait encore sentir en présence de son antidote, au point d'apparaître même, pour certaines concentrations, relativement plus forte dans une solution de gypse que dans l'eau pure (1).

Il est bon de rappeler à ce sujet que, à cause des propriétés absorbantes de la terre (2), l'eau qui alimente naturellement la végétation est toujours beaucoup moins riche en cuivre que les solutions dont nous avons fait usage dans nos expériences; c'est pourquoi les plantes de grande culture n'en souffrent aucun préjudice et arrivent à se développer normalement même dans des sols très pauvres en calcaire.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Suggestion sur la raison d'être de la double* fovea *des rapaces diurnes.* Note de M. **Yves Delage.**

Les recherches du Dr Rochon-Duvigneaud (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 43) ont mis hors de doute que la *fovea* surnuméraire des rapaces diurnes a les mêmes fonctions que la *fovea* centrale, et ce savant ophtalmologiste a bien montré comment l'oiseau a, de chaque côté, deux points de perception nette, indépendants l'un de l'autre et de ceux du côté opposé; mais la raison d'être d'une disposition si singulière et si exceptionnelle restait mystérieuse, et il ne semble pas qu'on se soit jamais posé la question qu'elle implique. Elle a surgi dans mon esprit quand j'ai présenté la Note de mon distingué confrère.

Il m'a semblé que la solution devait être cherchée dans quelque singularité de comportement, particulière aux oiseaux à double *fovea*. Or, une telle particularité pourrait résider dans la manière, très spéciale, dont ces animaux capturent leurs proies. On peut les voir, tandis qu'ils circulent

(1) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 89.
(2) *Ibid.*, t. 169, 1919, p. 937.

dans l'air surveillant la terre, brusquement fermer leurs ailes et s'abattre, comme une pierre, suivant une trajectoire oblique, pour, en arrivant au sol, tomber exactement et à grande vitesse sur la proie aperçue, bien différents en cela des oiseaux ordinaires qui atterrissent lentement et sans que le lieu d'atterrissage réclame une haute précision. N'y aurait-il pas là quelque agencement de mouvements auquel la *fovea* surnuméraire viendrait en aide ?

La solution que j'avais entrevue me paraissait réclamer des observations et expériences fort difficiles à réaliser; aussi ne songeais-je pas à la publier. Mais en y réfléchissant, il m'a semblé qu'il existait une foule d'observations et d'expériences réalisant à peu de choses près celle que j'attendais et qui donnaient à mes suggestions une base scientifique assez sérieuse pour que je pusse les hasarder.

Ces observations et expériences ont été réalisées pendant la guerre par les aviateurs bombardiers.

L'aviateur vole à la recherche du but sur lequel il veut lancer une bombe. Quand il a aperçu celui-ci au loin, le problème qui se pose à lui est de lâcher la bombe à un instant tel que, tombant obliquement sous la double action de la pesanteur et de sà vitesse horizontale, elle atteigne le sol juste au point visé. L'aviateur, regardant de loin le but B, voit son rayon visuel OB former avec la verticale OA, passant par son œil, un angle α qui diminue à mesure qu'il approche, et c'est au moment précis, où α aura atteint une valeur déterminée, en fonction de la hauteur, de la vitesse et de la distance du but, qu'il devra lâcher la bombe.

Je ne sais rien de la technique des avions bombardiers. Je n'entends goutte à la balistique. Aussi suis-je persuadé que mes descriptions feront sourire les initiés; mais cela ne me trouble point, car plus les procédés sont compliqués, plus ils ont chance d'être différents de ceux employés par l'oiseau, la complication des combinaisons humaines étant d'une autre nature que celle réalisée dans la physiologie. Je ne présente pas ici des faits. Je raisonne sur des possibilités. Ces réserves faites, je poursuis.

Dans le triangle AOB, posons $OA = h$, $AB = d$ et appelons v la vitesse de l'aviateur. Supposons que celui-ci connaît v et h et cherchons à déterminer α en fonction de ces variables. On a

$$\frac{d}{h} = \tan g\alpha. \tag{1}$$

Puisque la bombe doit parcourir dans le même temps OA et AB, on

peut écrire que les temps de ces deux opérations sont égaux, c'est-à-dire que t est égal à lui-même dans les deux équations

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad \text{et} \quad d = vt\,[1],$$

d'où l'on tire

$$\tang \alpha = v\sqrt{\frac{2}{gh}}. \tag{2}$$

Si donc il a un tableau à double entrée, où soient sur autant de lignes toutes les valeurs raisonnables de h et dans autant de colonnes, toutes les valeurs raisonnables de v, l'aviateur, connaissant sa hauteur et sa vitesse, y lira d'un coup d'œil sous quel angle il devra attendre que se présente le but pour lâcher sa bombe à coup sûr (abstraction faite, bien entendu, des questions de vent, de dérive, de résistance de l'air, qui constituent la partie délicate du problème et dont je ne veux pas m'embarrasser ici).

Venons-en à l'oiseau :

Le problème qu'il a à résoudre est le même que celui de l'aviateur, à ces deux différences près : 1° que la bombe, c'est son propre corps qui tombe, ailes fermées; 2° qu'il n'a pas un viseur mobile sur un arc gradué, qui lui permette de connaître toujours la valeur de l'angle α.

La *fovea* surnuméraire ne serait-elle pas l'instrument destiné à remplir l'office de ce viseur?

Appelons φ l'angle invariable des deux rayons visuels passant par les deux *fovea*, F (pour la *fovea* centrale) et F' (pour la *fovea* surnuméraire), et demandons-nous comment, si nous étions l'oiseau, nous ferions pour tirer parti de ce dispositif.

Nous volons parallèlement au sol, à grande hauteur. Le but à atteindre apparaît au loin, sous un angle très ouvert et qui diminue à mesure que nous approchons. Mais quelle impression juste avons-nous de cet angle?

Une expérience simple montre que si d'un seul œil on fixe un point central, en s'interdisant tout déplacement du regard, des angles égaux, tracés à la suite les uns des autres d'un même côté du point central,

---

[1] La trajectoire de chute est parabolique et non rectiligne, mais cela importe peu, car, à l'arrivée au sol, le résultat est le même, en ce qui concerne les temps et l'angle sous lequel on voit du point de départ le point d'arrivée, que si le mobile avait parcouru du point de départ au point d'arrivée une trajectoire rectiligne.

En outre, dans cette première approximation nous faisons abstraction de la résistance de l'air, d'où résulte une erreur certaine, bien que partiellement corrigée par le fait que la cause agit dans le même sens sur les deux composantes du mouvement.

paraissent d'autant plus petits qu'ils sont plus marginaux, et la différence n'est pas minime; ce qui veut dire que, réduit à l'appréciation des images fixes, l'œil est un très mauvais goniomètre. Cette appréciation des arcs devient beaucoup plus précise si l'œil peut les parcourir par les mouvements de ses muscles. Mais c'est ici le cas de rappeler que l'œil de l'oiseau est immobile dans son orbite, la tête seule, qui est très mobile, permettant le déplacement du regard.

En outre, l'objet précis et petit que nous voulons atteindre se peint sur une partie de notre rétine très marginale et ne fournissant pas une image précise. C'est seulement lorsque l'image de B, parcourant d'arrière en avant le grand cercle horizontal de la rétine, passera par la *fovea* surnuméraire, que nous aurons à la fois, brusquement et pour un instant très court, une vision nette de l'objet et une connaissance précise de l'angle α, lequel, dans ce court instant, égale φ.

Dans ces conditions, on peut imaginer deux manières de résoudre la question.

Ce point de coïncidence entre α et φ est un zéro précis, à partir duquel nous pouvons compter les angles et les temps, pour faire le mouvement de reployer les ailes au moment précis où l'image B a dépassé la *fovea* surnuméraire d'un certain angle ou depuis un certain temps.

Mais il est, théoriquement au moins, un moyen plus simple de résoudre la difficulté. Tout angle α correspond à une certaine combinaison de v et de h. On voit, en effet, par la formule (2) que pour toute grandeur de h, il existe une grandeur de v donnant à α une valeur déterminée à l'avance, et pour toute grandeur de v, une grandeur de h donnant à α la même valeur. L'oiseau aurait intérêt à donner à α la valeur φ, qui a le double avantage d'être pour lui bien connue et de correspondre à une vision nette. Si donc l'oiseau prenait la précaution, avant d'atterrir, de régler sa hauteur d'après sa vitesse, ou sa vitesse d'après sa hauteur, de telle façon que

$$v = \operatorname{tang}\varphi\sqrt{\frac{gh}{2}},$$

il n'aurait, pour tomber sur sa proie, qu'à se laisser choir au moment précis où l'image de celle-ci apparaîtrait sur sa *fovea* surnuméraire.

Cherchons ce que donnent les applications numériques de cette formule. Des observations précises sont nécessaires pour déterminer φ. L'angle de 33° à 36° donné par M. Rochon-Duvigneaud est compté sur l'arc de méridien de la rétine, c'est-à-dire en prenant pour sommet de l'angle le centre de courbure de la rétine, tandis que l'angle φ dont nous avons besoin est déterminé par les deux rayons visuels F et F'

passant par les *fovea* et se coupant au centre de croisement des rayons visuels, lequel est probablement ici, conformément à la règle, à peu près au centre de gravité du cristallin. En traçant cet angle φ sur une figure de l'œil de l'oiseau, on lui trouve environ 30° pour environ 35° d'écartement des *fovea* signalés par M. Rochon-Duvigneaud, ce qui donne pour la tangente 0,58. On a donc

$$v = 0,58\sqrt{\frac{gh}{2}} = 1,28\sqrt{h}$$

(en mètres par seconde), ou, si l'on exprime h en mètres et v en kilomètres à l'heure,

$$v = 4,6\sqrt{h}.$$

Donc, si l'on donne à h successivement les valeurs : 16^m, 64^m, 100^m et 400^m, on trouve pour v (en négligeant la décimale) les valeurs respectives : 18^{km}, 36^{km}, 46^{km} et 92^{km}. Ce sont des valeurs raisonnables; c'est tout ce que l'on peut dire pour le moment, mais cela suffit pour fournir à la théorie un appui sérieux.

Qu'on ne m'objecte pas que l'oiseau ne sait point l'algèbre; aussi n'est-ce pas par l'algèbre qu'il résout son problème; il s'agit ici simplement de deux réflexes, l'un de coordination de mouvements, avec des impressions déterminées (mouvements du vol et impressions de hauteur), l'autre de déclenchement d'un déclic, à la suite d'une impression brusque. Un homme qui trébuche fait instantanément, pour retrouver son équilibre, des actes musculaires extrêmement compliqués et qui nécessiteraient des pages de calcul s'il fallait les traduire en formules de décomposition et de combinaison de forces et de mouvements.

Un canard qui nage ne tient pas son corps redressé comme il le fait pour maintenir son équilibre quand il marche sur le sol. Cette longue expérience, acquise par la race et qui constitue l'instinct, résout, pour chaque animal, une multitude de problèmes bien autrement compliqués que ceux dont il est ici question.

Alors, dira-t-on, pourquoi ces formules si l'oiseau ne s'en sert pas? Elles sont nécessaires pour montrer que le problème est mathématiquement soluble, car s'il ne l'était pas par des moyens mathématiques, l'oiseau ne pourrait pas le résoudre par des moyens physiologiques. Il n'y a pas d'instinct, si merveilleux qu'on l'imagine, qui permettrait à l'animal de suivre un côté d'un triangle, dont il connaîtrait, par ses impressions sensitives, seulement les trois angles, ou seulement un angle et un côté; mais s'il a, par ses sens, les éléments de la solution, il pourra remplacer, par des réactions instinctives, les combinaisons les plus laborieuses pour le géomètre.

Ainsi, grâce à la constitution spéciale de son œil, le rapace diurne con-

naissant à la fois sa hauteur et sa vitesse, s'il réglait instinctivement l'une sur l'autre, de manière à satisfaire aux exigences de la formule $V = \operatorname{tang}\varphi \sqrt{\frac{gh}{2}}$, se conférerait ce précieux avantage que, lorsqu'il fermerait les ailes pour atterrir, sa trajectoire coïnciderait avec le rayon visuel F' partant de sa *fovea* surnuméraire, en sorte qu'il conserverait constamment la vision nette du point d'atterrissage, éventuellement occupé par sa proie. Pour cela, chaque oiseau devrait connaître son angle φ et pourrait le connaître certainement, non en chiffres, mais comme facteur interne de coordination de certains mouvements.

Mais ici se dresse une objection beaucoup plus grave que celles que nous avons écartées.

Notre comparaison avec l'aviateur exige que le rayon visuel F' soit dans le plan de chute déterminé par la trajectoire de chute et la verticale. Or, cette condition est loin d'être réalisée dans l'attitude normale de la tête. Elle le serait si celle-ci tournait de 90° autour de son axe antéro-postérieur de manière que l'œil regardât directement en bas. Une telle attitude est hautement invraisemblable.

Mais l'animal peut arriver au même résultat par deux mouvements combinés de la tête, l'un de flexion verticale, abaissant vers la terre le rayon visuel de la *fovea* surnuméraire, l'autre de déviation latérale, amenant ce même rayon visuel dans le plan vertical déterminé par la trajectoire du vol. L'angle d'inclinaison verticale est précisément notre angle α ci-dessus. Il n'a plus rien de commun avec l'angle φ, mais l'animal peut le connaître par les sensations musculaires des fléchisseurs de la tête et par les impressions venant des canaux demi-circulaires de l'oreille interne. Quant à l'angle de déviation latérale, il est le complément de l'angle φ si le rayon visuel principal F est tout à fait transversal; si les rayons visuels F, droit et gauche, convergent, si peu que ce soit, en avant, l'angle de déviation de la tête diminue d'autant.

Voici donc comment nous comprenons le comportement de l'oiseau :

Il vole, regardant loin devant lui, à la recherche d'une proie, la tête modérément inclinée vers le bas et sans doute balançant la tête de droite et de gauche pour balayer le sol au loin devant lui avec ses rayons visuels F'. Aperçoit-il une proie avec l'un des rayons F' (celui de droite, je suppose), il ne la quittera plus du regard jusqu'à ce qu'il l'ait atteinte, et de là résultent les deux mouvements de la tête que nous avons indiqués : 1° par le fait qu'il doit diriger son vol vers la proie, il dévie sa tête du côté

opposé (c'est-à-dire vers la gauche), ou, pour parler plus exactement, dévie son corps vers la gauche, la direction de sa tête restant invariablement liée au rayon visuel F′ dirigé vers la proie; 2° à mesure qu'il avance, il doit, pour ne pas perdre sa proie de vue, fléchir sa tête de plus en plus dans le sens vertical et, lorsque cette flexion a amené l'angle α (formé par l'axe longitudinal de sa tête et la verticale) à avoir précisément la valeur réclamée par la formule $\tang\alpha = v\sqrt{\frac{2}{gh}}$, il ferme ses ailes, certain que sa chute parabolique le fera tomber juste sur sa proie, si du moins il a fait les mouvements correctifs nécessaires pour compenser les effets de la résistance de l'air et, éventuellement, ceux de la dérive, toutes corrections auxquelles il est habitué et qui ne sont, sans doute, qu'un jeu pour lui.

En somme, la *fovea* surnuméraire fournit à l'oiseau un rayon de vision nette dirigé, non plus transversalement, comme celui de la *fovea* principale, mais sensiblement en avant, vision qui est rendue nécessaire pour lui, en raison de ses mœurs, par l'obligation de tomber à grande vitesse sur le point précis qu'occupe sa proie. C'est là la raison d'être de sa *fovea* surnuméraire.

Quant aux détails de comportement de la tête indiqués ici, ils sont pour le moment hypothétiques; des observations et des expériences, déjà commencées, sont nécessaires pour leur vérification : elles feront l'objet d'une Communication ultérieure.

GÉOLOGIE. — *Sur la répartition des facies du Paléocrétacé dans les unités structurales du sud-est de la France.* Note (1) de M. **W. Kilian.**

Grâce aux documents paléontologiques importants réunis par le Dr Guébhard (2) dans le Crétacé inférieur des Préalpes maritimes et à mes propres recherches dans les environs de Castellane et dans la Haute-Provence, continuées récemment près de la Palud de Moustiers avec le concours de M. P. Reboul et aux environs de Meyrargues avec l'aide de MM. P. Reboul

(1) Séance du 16 février 1920.

(2) Les matériaux ont été donnés au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble, par M. Guébhard et déterminés sous ma direction.

et Pussenot, il m'est possible de formuler aujourd'hui quelques résultats intéressants sur la répartition des faunes [1] et des facies dans le Paléocrétacé de la région alpino-provençale.

Cette répartition peut utilement servir à l'interprétation structurale de cette partie de la France et à la connaissance des phénomènes de charriage dont divers auteurs (Marcel Bertrand, MM. E. Haug, Ph. Zürcher, Léon Bertrand, Lanquine et moi-même) ont indiqué l'existence dans divers points du sud-est de notre pays; elle présente les caractères suivants :

I. Une constatation s'impose tout d'abord : c'est la façon brusque dont le facies néritique succède *sans transition d'aucune* sorte au facies bathyal à Céphalopodes du Crétacé inférieur, le long d'une ligne passant par Majastres-Levens-Châteauneuf les Moustiers, le nord de Rougon, Robion, Castellane, Demandolx, le nord de Soleilhas et Saint-Auban.

Ce contraste correspond à une *ligne de discontinuité tectonique* [2], c'est-à-dire au bord frontal des chevauchements alpins refoulés du Nord-Ouest vers l'Ouest, le Sud-Ouest et le Sud.

Cette brusque opposition contraste d'ailleurs avec la transition ménagée qui plus à l'Ouest relie le Paléocrétacé bathyal du versant Nord de la montagne de Lure et du Ventoux au facies moins profond (à facies urgonien) de Volx, de Banon et du mont Luberon.

II. Au sud et au sud-ouest de cette ligne règne le Crétacé inférieur à facies mixte ou complètement *néritique*, caractérisé, outre son peu d'épaisseur, par la réduction très grande et l'absence fréquente de l'Aptien, mais l'on peut y distinguer des types fauniques et lithologiques variés dont la localisation paraît correspondre à des nappes successives en partie reprises par les mouvements alpins.

C'est ainsi que la similitude du FACIES MARNO-CALCAIRE [Berriasien à Céphalopodes, Valanginien marno-calcaire à Hoplites, Valanginien supé-

---

(1) Voir pour la composition de ces faunes et divers détails paléontologiques : W. KILIAN, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 337, 373, 443.

(2) Il est à remarquer que la limite nord et nord-est du facies des *Calcaires blancs* et des dolomies du Jurassique supérieur provençal qui, en même temps, borne vers le Sud et le Sud-Ouest l'extension du *facies tithonique* à Céphalopodes *coïncide parfaitement avec cette ligne;* elle se continue jusqu'au nord-est de Saint-Jurs et Trévans où elle paraît être en relations avec les dislocations décrites par M. Ph. Zürcher dans la Clue de Chabrières qui en masquent d'ailleurs la continuation septentrionale.

rieur à *Anlacothyris hippopoides* Pict. sp. [1], Brachiopodes (*Lyra neocomiensis* d'Orb., *Terebratulina biauriculata* d'Orb.), *Hoplites campylotoxus* Uhl., *Exogyra Etalloni* Pict., Hauterivien inférieur à *Astieria*] des environs de Meyrargues avec celui des environs de la Palud de Moustiers montre nettement que ces deux régions appartiennent *à une même unité tectonique*, qui est probablement une nappe charriée ainsi que le montrent les *lignes de contact anormal des environs de Vinon*.

Cette « unité », *chevauchée elle-même* au Nord-Est *par le bord frontal des plis alpins* à facies bathyal, se continue au Nord-Ouest par les « reprises provençales » des environs de Castellane (montagne Destourbes, etc.), qui comprennent elles-mêmes plusieurs « digitations » caractérisées par des variations locales dans la nature et la succession des divers termes du type néritique et l'épaisseur réduite de l'ensemble (Calcaires Berriasiens à *Hopl. Boissieri* (Meyrargues) ou Calcaires blancs à *Natica Leviathan* Pict. (Escragnolles, etc.) infravalanginiens; Hauterivien marno-calcaire à *Neocomites neocomiensiformis* Hoh. sp. et *Astieria* (La Bégude, La Lagne), type glauconieux de l'Hauterivien (La Martre, Séranon, la Garde, Peyroules, le Mousteiret) à *Acanthodiscus* et *Leopoldia*, type à intercalations siliceuses (Comps, Brovès) et Trigonies; limonite hauterivienne (Bargème, Clans, Mons, Brovès), à *Leopoldia* et *Acanthodiscus;* Barrémien glauconieux (Escragnolles, Trigance, la Garde, Comps, Le Bourguet, etc.), à *Desmoceras Charrierianum* d'Orb. sp. et variétés; Barrémien marno-calcaire (Saint-Vallier) à faune mixte (*Smilotrochus*, Gastropodes, Pélécypodes, *Desmoceras*, *Holcodiscus*, etc.).

En s'avançant au Sud et au Nord, on voit diminuer de fréquence le *Desm. Charrierianum* d'Orb. sp. du Barrémien, mais apparaître avec les Lytocératides (*Lytoceras*, *Costidiscus*, *Macroscaphites*) et les Phylloceratides, d'autres Desmoceratidés d'un type plus bathyal (*D. difficile* d'Orb. sp., *D. assimile* Math. sp.).

Au Nord-Est, ce même ensemble, en partie caché par les dépôts tertiaires du plateau de Valensole, s'étend jusqu'au pied méridional de la Chaîne du Luberon.

---

[1] Ce niveau caractéristique à *Aulacothyris* et à *Exogyres* (*Ex. Etalloni* Pict.) occupant toujours la base de l'Hauterivien et reposant parfois directement sur les calcaires blancs infravalanginiens, existe plus à l'Est : à Eoulx, Peyroules, le Val-de-Roure, la Bastide, la Roque-Esclapon, Mons, Seranon, Brovès, Comps, Saint-Vallier, Escragnolles et se montre alors associé à des facies néritiques divers dans les « reprises » des nappes provençales englobées dans le plissement des Préalpes maritimes.

L'exploration détaillée, *au point de vue des facies* du Jurassique supérieur et du Paléocrétacé de la région comprise entre Chabrières, Beynes, Trévans, Saint-Just, Majastres, Levens et Moustiers-Sainte-Marie, serait d'un intérêt tout spécial non seulement au point de vue stratigraphique, mais aussi parce qu'elle renseignerait d'une façon précise sur la terminaison probable vers le Nord de ces nappes (?) provençales et sur leurs rapports avec les plis alpins sous lesquels elles paraissent s'enfoncer.

III. L'existence du facies glauconieux dans le Barrémien de Cobonne (Drôme) au nord de Crest (Drôme) demeure assez isolée dans une région où domine le facies vaseux bathyal et paraît due à la proximité (à l'Ouest) du bord du Massif Central et annoncer l'apparition du facies néritique (Urgonien) qui apparaît un peu plus au Nord.

En résumé, on peut distinguer dans les dépôts paléocrétacés du sud-est de la France :

A. Une région géosynclinale de *facies vaseux bathyal* à Céphalopodes, puissante et continue, sans lacunes stratigraphiques, comprenant une partie des Basses-Alpes et se continuant par la « fosse vocontienne » de V. Paquier, dans le Diois et les Baronnies, au nord de Castellane et de Demandolx, aux environs de Colmars et d'Allos, et dans le nord des Alpes-Maritimes.

B. Cette région est reliée par des *passages ménagés* et graduels :

a. Au Nord, au *type mixte* du Dauphiné par le Bochaine, le Diois septentrional et le Valentinois (apparition du Barrémien glauconieux à Cobonne, Chaîne de Raye);

b. Au Sud-Ouest, au *type provençal* avec facies urgonien par Volx, Banon, le flanc sud de la montagne de Lure et du Ventoux et le mont Luberon;

c. A l'Ouest, au *type Rhodanien*, par les environs de Vaison.

Au Sud-Est et au Sud, au contraire, elle chevauche (environs de Castellane, Châteauneuf-les-Moustiers, Levens) *sans interposition de facies* intermédiaire, et par suite de dislocations tectoniques sur l'ensemble suivant :

C. Une région à *facies néritique du type provençal*, elle-même charriée du Sud vers le Nord, en partie « reprise » au Sud-Est (Préalpes maritimes) par les mouvements alpins et composée de plusieurs nappes ou digitations reconnues dans la Basse-Provence ([1]) par divers auteurs et pouvant être suivies dans les Préalpes maritimes ([2]).

([1]) LÉON BERTRAND, EM. HAUG.

([2]) Voir, à ce sujet, les travaux de MM. LÉON BERTRAND et LANQUINE, ainsi que W. KILIAN et A. LANQUINE, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 93 et 165, et *Annales Université de Grenoble*, 1910 (avec figure schématique).

Cet ensemble a subi une translation du Sud vers le Nord qui a atteint les environs

Au sud des gisements bathyaux de Blieux, le Cheiron, Demandolx, le nord de Soleilhas appartenant au facies alpin (géosyndical) et *refoulés du Nord vers le Sud,* existe une importante ligne de contact anormal courant d'abord Est-Ouest, puis Nord-Est-Nord-Ouest, *qui coupe en biseau les digitations suivantes* dans laquelle le Crétacé inférieur accuse un facies néritique.

Digitations ou nappes secondaires à *racines internes* [1] (plus méridionales).	I. La Garde, Peyroules, La Lagne; II. Éoulx, le Bourguet, Val de Roure; II. Trigance, La Martre, Châteauvieux, Séranon.
Digitations ou nappes secondaires à *racines externes* (moins méridionales).	IV. La Bégude, la Palud de Moustiers, Bargème, Comps (partie nord), la Bastide, Escragnolles. V. Brovès, la Roque-Esclapon, Comps (partie sud), Brovès, Mons, Saint-Vallier.

Quant au Crétacé inférieur des environs de Meyrargues, il appartiendrait à une *digitation plus externe encore*, c'est-à-dire continuant peut-être vers l'Ouest la zone des « *duplicatures* » de la région de Fayence (Var) et, par conséquent, de provenance moins lointaine encore que toutes les digitations citées ci-dessus.

D'autre part, la RÉPARTITION DE L'URGONIEN en Provence est très instructive : ce facies est en effet limité aux régions situées à l'ouest et au sud d'Aix-en-Provence et paraît propre soit aux digitations les plus inférieures des nappes provençales, soit à leur substratum « autochtone » au sud-ouest d'une ligne Saint-Raphaël-Aix-Durance, pour se continuer par Orgon, le Luberon et les Monts de Vaucluse (autochtones) dans le versant sud de la chaîne Ventoux-Lure, massifs également enracinés ou tout au moins peu refoulés vers le Nord.

Il en résulte que le *facies urgonien ferait entièrement défaut* dans *les nappes supérieures* (*à racines internes*) de Provence et même dans toute la portion orientale des autres nappes.

Il est d'ailleurs possible qu'on ne connaisse pas en Provence le substratum crétacé véritablement autochtone de cet ensemble charrié et en

---

de Trevans (au sud-ouest de Digne), de Vinon et le bord sud de la Chaîne du Luberon (Meyrargues).

Les digitations ou « nappes secondaires », remaniées et morcelées (reprises provençales) par les mouvements alpins représentent probablement des fragments de la couverture crétacée d'une chaîne dont les Maures et l'Estérel constituent la région axiale; elle-même déversée vers le Nord.

(1) KILIAN et LANQUINE, *loc. cit.*

tout cas, s'il est visible, ce substratum n'a jamais encore été distingué avec une certitude et une précision suffisantes des *carapaces* appartenant aux nappes les plus basses de la Basse-Provence.

Vers l'Ouest-Nord-Ouest une portion du même ensemble a formé une partie des « écailles » récemment décrites par MM. Friedel et Termier entre Tarascon, Avignon et Alais.

Il convient enfin de rappeler que les plis alpins et subalpins, qui affectent notamment le complexe A ci-dessus, sont *post-miocènes*, alors que les charriages qui ont produit les nappes provençales sont *antémiocènes*. On comprend dès lors comment les premiers ont pu « reprendre » et remanier les secondes. Cette dualité d'âge explique aussi certaines complications produites dans l'ouest du bassin du Rhône par le déclenchement des écailles post-burdigaliennes du Gard [1], ainsi peut-être que la structure si particulière du massif de Gigondas et de Malaucène (Vaucluse) au nord-ouest du Ventoux où l' « Horizon de Suzette » décrit par M. Leenhardt semble bien représenter des fragments remaniés d'une nappe de charriage à noyau triasique contemporain des digitations provençales et reprise ultérieurement par les mouvements post-miocènes (alpins).

Il a semblé intéressant de mentionner les résultats ci-dessus malgré le caractère nécessairement hypothétique de quelques-uns d'entre eux dont les explorations détaillées des géologues locaux et notamment les levés minutieux entrepris par M. E. Haug auront dans l'avenir à contrôler l'exactitude et la réalité.

RAPPORTS.

Rapport sur les travaux examinés et retenus par la Commission de Balistique pendant la durée de la guerre, par M. **J. Hadamard.**

Depuis le mois de mars 1917 jusqu'à ce jour, la Commission de Balistique a été saisie de Mémoires dont nous donnons la liste d'autre part, en observant, toutefois, que nous n'y faisons pas figurer :

1° Les Notes qui ont été précédemment publiées aux *Comptes rendus* de l'Académie, ou transmises à des services techniques compétents;

---

[1] Voir les récents travaux de MM. P. Termier, G. Friedel et Thiéry.

2° Certains travaux prêtant à de trop graves objections pour qu'il y ait eu lieu de les retenir.

Les raisons d'ordre supérieur qui s'opposaient à la publication de ces différents Mémoires pendant la durée des hostilités ont disparu; mais, pour la plupart d'entre eux, un examen détaillé nous conduit à considérer une telle publication comme peu opportune à d'autres points de vue.

Les questions auxquelles ont été consacrés ces Mémoires, lorsqu'elles étaient nouvelles, se sont posées à toute sorte de chercheurs. Il en résulte que toutes ou presque toutes ont été résolues de plusieurs côtés à la fois. Pour telle d'entre elles, deux ou plusieurs solutions nous ont été soumises; pour telle autre (ou pour la même), il est à notre connaissance qu'une solution, équivalente à celle dont nous sommes saisis, a été élaborée par ailleurs dans un service technique militaire ou naval.

N'ayant aucune raison de publier une de ces solutions à l'exclusion d'une autre (puisque la considération de priorité, décisive en temps ordinaire, n'a pas à intervenir aujourd'hui), nous serions obligés d'insérer deux ou trois fois des travaux parfois étendus, presque identiques les uns aux autres dans leur contenu essentiel.

Ajoutons que les Notes en question apportent, pour la plupart, non des progrès d'ordre scientifique, intéressant les principes, mais des modifications d'ordre purement technique, visant l'application plus ou moins commode de ces principes dans des circonstances pratiques déterminées. Ce sont des sujets auxquels l'Académie n'entend pas rester étrangère, mais qui sont, cependant, en marge de sa fonction propre.

Elle a néanmoins un devoir à remplir vis-à-vis des auteurs qui ont déposé entre ses mains leurs recherches, de quelque ordre que ce soit, et aussi vis-à-vis de leurs successeurs, dont leurs résultats peuvent faciliter et aider le travail. Nous prendrons donc soin, dans ce qui va suivre, de faire connaître sommairement ces résultats et aussi, le cas échéant, d'indiquer auprès de quels services de plus amples détails pourraient être demandés en vue de recherches ultérieures.

Les travaux qui nous ont été communiqués peuvent se classer sous les rubriques suivantes :

I. **Exposés généraux.** — On trouvera, sur l'état actuel de la question un exposé complet et autorisé dans l'important *Traité de Balistique* en six volumes qu'a composé M. l'ingénieur général Charbonnier, et dont il fait hommage à l'Académie. Le général Charbonnier y mentionne, entre autres,

les perfectionnements que, sous sa direction, une équipe d'habiles collaborateurs a pu apporter à la théorie.

En même temps, l'un des officiers qui ont le plus activement secondé le général Charbonnier au cours de la guerre, M. l'ingénieur principal Garnier, fait paraître à la librairie Gauthier-Villars, sous le titre : *Balistique extérieure. Calcul des trajectoires par arcs successifs*, un volume de texte et un volume de tableaux annexes, consacrés aux modifications proposées au cours de la guerre, et plus particulièrement à celles qu'il a élaborées en collaboration avec MM. Haag, professeur à l'Université de Clermont, et Marcus, agrégé de l'Université, en tenant compte des conditions nouvelles qu'introduisent le tir sous de grands angles et la variation considérable de la densité de l'air qui s'y présente.

On sait, d'autre part, que l'Académie a précédemment couronné le *Cours de Balistique* de M. l'ingénieur principal Sugot. Nous pouvons à cet égard renvoyer au rapport détaillé qu'a présenté en 1919 (séance publique annuelle du 22 décembre) notre confrère M. le général Bourgeois.

II. **Intégration de l'équation différentielle de la balistique extérieure.** — Au point de vue théorique, analytique, une grande question se pose : Dans quel cas, pour quelles formes de la fonction qui exprime la résistance de l'air, l'équation est-elle intégrable par quadratures?

On sait que la solution de problèmes de cet ordre est devenue possible depuis les profondes recherches de M. Drach, appliquant au domaine des équations différentielles les idées de Galois. M. Drach lui-même a communiqué un travail étendu consacré à cette question. En même temps, un autre géomètre bien connu, M. Denjoy, nous a remis un exposé sommaire d'études sur le même sujet. Mais, dans une lettre jointe au dossier, M. Denjoy tient à déclarer que son travail n'est qu'une mise en œuvre des principes posés précédemment par M. Drach, et qu'il entend, en toute hypothèse, attribuer à celui-ci la priorité des résultats (1).

Rien ne s'oppose donc à la publication, sous forme étendue ou résumée suivant les disponibilités, des résultats de M. Drach et de ceux qu'y a ajoutés M. Denjoy sur cette question capitale.

Appartient également au domaine analytique une courte Note dans

(1) M. Denjoy s'est d'ailleurs placé à un point de vue qui lui est propre en recherchant plus particulièrement, parmi les lois de résistance auxquelles conduit la méthode de M. Drach, celles qui, soit pour les petites, soit pour les grandes valeurs de ρ, varient d'une manière analogue à celle qui se présente en pratique.

laquelle M. Kampé de Fériet exprime, à l'aide de la fonction hypergéométrique de Gauss, l'intégrale $\xi_n(\tau)$ qui s'introduit dans l'équation de l'hodographe quand la résistance de l'air est de la forme kv^n, que n soit entier ou non.

Dans le *Traité de Balistique* ci-dessus mentionné du général Charbonnier, une étude approfondie est consacrée à ce cas de la résistance monome. Une grande partie des résultats nouveaux sont dus à M. le commandant Demogue. Celui-ci, en particulier, s'occupe de la même fonction $\xi_n(\tau)$ dont il vient d'être parlé et montre que, pour plusieurs catégories étendues de valeurs fractionnaires de n, elle peut être ramenée aux fonctions elliptiques. On verra également dans le même Ouvrage comment, parfois, l'étude de la trajectoire elle-même (et non plus seulement de l'hodographe) pour ce cas de résistance monome peut être poussée loin : on lira, par exemple, les perfectionnements apportés par MM. de Sparre et Demogue aux recherches de Greenhill sur le cas de la résistance cubique.

Pour le cas où l'exposant n est quelconque, M. le commandant Demogue a montré qu'on pouvait généraliser les développements en séries entières (suivant les puissances, soit de l'abscisse, soit d'un certain paramètre proportionnel à la valeur initiale de la résistance) qui n'avaient été obtenues par Otto que pour $n = 2$; il écrit sous une forme très simple la loi de récurrence des coefficients. On peut aussi (toujours pour n quelconque) obtenir sous une forme relativement simple et discuter les équations de la trajectoire en faisant l'approximation classique de Siacci ; et, là encore, MM. de Sarre et Demogue ont ajouté notablement à nos connaissances.

III. **Calcul pratique.** — En fait, la balistique extérieure, même réduite à son problème principal (mouvement du projectile supposé punctiforme), relève de méthodes de calcul approximatif. Bien que longuement étudiées au cours du XIXe siècle, celles-ci ont reçu, du fait de la guerre, une impulsion nouvelle. Plusieurs parties des travaux déjà mentionnés relèvent de cet ordre d'idées.

Mais nous ne pouvons parler de ces questions de calcul sans noter un autre progrès essentiel imposé par les exigences de la guerre. Jusqu'à celle-ci, l'application numérique des calculs balistiques était faite isolément et à nouveau pour chaque cas d'espèce. Les calculs entrepris en vue d'une pièce déterminée étaient sans valeur pour toutes les suivantes. Un tel manque de coordination entachait déjà les Tables élaborées pendant le temps de paix et dans lesquelles les officiers appelés à les utiliser sur le front ont

constaté de véritables contradictions. Mais il s'est montré tout à fait inadmissible à partir du moment où les nouveaux modèles de canons se sont succédé avec la rapidité que l'on sait, sans que nos services aient disposé des moyens d'en simplifier les calculs successifs.

Grâce aux soins de MM. Emery, Risser et Parodi à la Section technique de l'Artillerie, de MM. Lebesgue et Montel à la Direction des Inventions; au dévouement des nombreux collaborateurs recrutés par eux, cette lacune a été comblée. On possède maintenant des réseaux de trajectoires permettant d'obtenir le mouvement, par une interpolation simple, pour des valeurs quelconques de l'angle de projection, de la vitesse initiale et du coefficient balistique dans des limites étendues, et cela d'une manière aussi exacte que le permettent nos connaissances présentes de la loi de la résistance de l'air.

En effet, il ne faut pas oublier, comme le remarque M. Parodi, que les tables de tir ne valent que ce que valent les expériences qui servent de base aux calculs, et que l'appareil mathématique dont on les a entourées ne peut augmenter en rien leur exactitude, et il y a lieu d'espérer, avec lui, que, du point de vue expérimental même, les études seront reprises avec les précautions dont les leçons de la guerre lui ont révélé l'importance.

Pour un type de canon en particulier (155 C. Schneiner), l'Académie a reçu des abaques dus à M. le commandant Risser.

Indépendamment des méthodes classiques et de leurs perfectionnements, d'autres modes de détermination nous ont été suggérés, fondés, soit sur l'assimilation d'un petit arc d'hodographe à sa tangente ou à son cercle osculateur (Note de M. Parodi), soit sur des procédés graphiques, avec tout l'avantage de simplicité que ces derniers peuvent apporter. Un procédé de même nature avait été décrit dans une Note de M. Olive insérée aux *Comptes rendus* du 8 janvier 1917. M. Parodi nous a communiqué à cette occasion la Note analogue qu'il a rédigée à l'usage de la Commission d'expériences de Calais sur les méthodes qu'il avait imaginées et appliquées tant dans les travaux de cette Commission que dans ceux du service de l'artillerie lourde à grande puissance. Comme le résultat de M. Parodi, procédant du même principe que celui de M. Olive, réalise sur lui un progrès certain dans la réalisation, il nous apparaît qu'il y a lieu de le publier.

M. Parodi a également étudié la construction de la trajectoire elle-même, une fois l'hodographe déterminé.

Nous mettrons encore, sous cette rubrique, outre une Note tout élémentaire de M. le capitaine Bertin, portant détermination des volumes et

moments d'inertie de quelques solides de révolution simples, les recherches poursuivies au Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers, sous la direction de M. Cellerier, sur les vices de forme des projectiles (1). Les épreuves courantes auxquelles sont soumis les obus lors de leur fabrication ne portent que sur le balourd statique (excentration du centre de gravité par rapport à l'axe de figure). Or le mouvement du projectile, tant dans l'âme que dans l'atmosphère, dépend aussi de ses balourds dynamiques, c'est-à-dire des défauts intéressant la position des axes principaux d'inertie.

L'appareil de rotation expérimenté au Laboratoire d'Essais permet de mettre en évidence les uns et les autres.

IV. **Propriétés des trajectoires. Perturbations.** — Nous revenons au point de vue mathématique avec l'étude des propriétés géométriques des trajectoires et surtout, conformément au point de vue de la Mathématique moderne depuis Poincaré, celle de leurs relations mutuelles.

Nous signalons donc et nous proposons de publier une élégante construction du centre de courbure de l'hodographe par M. Parodi. Nous proposons également de publier trois Notes de M. René Garnier, chargé de cours à la Faculté des Sciences de Poitiers. La première donne une détermination de la tangente au lieu des points de courbure maxima des trajectoires; la seconde montre que si deux hodographes ont un contact d'ordre n, les trajectoires correspondantes ont un contact d'ordre $n+2$. Enfin, la troisième est consacrée à la détermination du point de contact d'une trajectoire balistique avec la courbe de sûreté. Ces trois sujets, malgré leur intérêt évident (surtout en ce qui concerne le dernier), n'avaient pas été traités à notre connaissance.

Les circonstances de guerre ont particulièrement attiré l'attention des chercheurs sur les *petites perturbations des trajectoires*. Ce sujet, classique au point de vue mathématique, s'est montré d'une grande importance au point de vue pratique, puisqu'il gouverne l'étude des corrections de toute sorte à apporter au tir. Cette question est une de celles auxquelles s'appliquent particulièrement nos observations générales. Nous avons été saisis de quatre solutions (MM. Haag, René Garnier, Kampé de Fériet, Rousier) et d'autres, à notre connaissance, ont été élaborées à la Section technique de l'Artillerie. Les deux premiers auteurs que nous venons de

(1) Une question analogue avait déjà été étudiée relativement aux roues des wagons et locomotives.

citer ont eu le mérite de ne pas négliger, à ce point de vue, le cas des trajectoires zénithales, que le tir antiaérien signale à l'attention et qui présente un certain intérêt théorique avec quelques difficultés particulières.

L'action du vent a dû être entièrement reprise pendant cette guerre, le tir sous grands angles ne permettant pas de négliger la variation du vent en altitude. A ce sujet sont consacrées les Notes de M. Risser, celle du 21 mai 1917 étant relative au cas où la vitesse de vent varie quadratiquement, celle du 7 juillet au cas général où la vitesse est régie par une loi empirique, telle que la donnent les sondages (1).

Ces études théoriques étaient d'ailleurs destinées à être utilisées sur le front, par conséquent leurs résultats devaient être matérialisés de manière à permettre le calcul numérique avec le maximum de rapidité. Le nombre des abaques et appareils imaginés dans ce but est très grand. L'un d'eux nous a été présenté : celui qui a été étudié par l'ingénieur d'artillerie Abadie à la Commission de Gâvres.

V. **Principes physiques de la question.** — Dans tous les travaux qui précèdent, le point de départ adopté est l'équation du problème principal, obtenue en adjoignant à la pesanteur une résistance tangentielle de la forme $cF(v)$. Tout au plus, dans plusieurs d'entre eux, a-t-on introduit une variation exponentielle du coefficient c avec l'altitude.

Les principes mêmes sur lesquels repose la formation de cette équation demandent, cependant, eux aussi, à être examinés.

M. Parodi a été conduit, par les sondages de Teisserenc de Bort, à penser que la densité de l'air (en facteur dans le coefficient c) devait éprouver une variation notablement plus rapide que celle qui est classiquement prévue à partir de l'altitude 12 000, une couche isotherme commençant à ce moment. Comme il le signale dans la Note qui figure à notre dossier, le fait a été pleinement confirmé par les expériences du professeur Gamba. M. Parodi applique ce résultat au calcul d'une trajectoire à longue portée.

Mais un fait théorique fondamental a, d'autre part, été acquis à la Science au cours de ces années de guerre, et ce fait a une répercussion directe sur l'équation même de la Balistique. M. le capitaine Darrieus a montré que les équations complètes du mouvement du milieu aérien (y

(1) La question a d'autre part été étudiée complètement à la Mission de tir aérien de Gâvres.

compris celles qui régissent les discontinuités) admettent une homogénéité particulière, et celle-ci entraîne une conséquence correspondante relative à la loi balistique de résistance de l'air ([1]). La loi rappelée ci-dessus et classiquement admise ne peut être conservée : elle est incompatible avec la loi exacte dès que la fonction F n'est pas quadratique.

M. Langevin a pu, peu après, remplacer les considérations de théorie cinétique dont s'était servi M. Darrieus, par des raisonnements fondés par les équations classiques de l'Hydrodynamique.

La valeur d'une pareille découverte ne saurait être trop hautement appréciée. C'est le premier pas d'une Aérodynamique et d'une Balistique extérieure vraiment rationnelles. Elle a, d'ailleurs, dès à présent, une conclusion pratique, en nous imposant une forme nouvelle pour les corrections de portée dues aux variations atmosphériques.

Cette découverte, M. Vessiot a également le droit de la revendiquer. Il nous la signale dans une Note sommaire et nous fait connaître que le Mémoire dans lequel il a établi les différents faits qui viennent d'être énumérés a été communiqué dès 1917 à diverses personnalités scientifiques. Il convient d'autant plus de signaler son rôle en l'espèce que la méthode employée lui est propre et se distingue par les qualités de simplicité et d'élégance qui caractérisent son talent.

VI. **Balistique intérieure.** — Une loi d'homogénéité nouvelle a également été obtenue en Balistique intérieure et, quoique déduite presque immédiatement de considérations très élémentaires, constitue un complément important aux propriétés analogues connues jusqu'ici. Elle est due à M. Bartozewski et nous a été communiquée dans une courte Note qui figure au dossier. La publication de cette Note nous paraît s'imposer ([2]).

VII. **Balistique expérimentale. Enregistrement des trajectoires.** — La Balistique est trop peu dégagée encore du domaine de l'empirisme pour que tous ses résultats ne réclament pas un contrôle expérimental. Mais on ne peut plus se contenter, à cet effet, des méthodes classiques, telles que celle des cadres cibles. Déjà très incomplètes en ce qui concerne les trajectoires

---

([1]) Le fait ayant été pressenti par les physiciens dans les cas les plus simples (voir les *Scientific Papers* de Lord Rayleigh, t. 5, p. 534; extrait 341). Mais, autant qu'on en peut juger par le texte de Lord Rayleigh, il y a loin d'une telle indication à une démonstration générale et rigoureuse, telle que celle qui est maintenant acquise.

([2]) C'est également à la Balistique intérieure qu'est relative une grande partie de l'œuvre de M. Sugot (voir le Rapport cité de M. le général Bourgeois).

envisagées avant 1914, elles devenaient tout à fait insuffisantes pour le tir sous grands angles dont les nécessités de guerre ont imposé l'étude.

M. Dunoyer nous a adressé sur ce point un Mémoire étendu. Bien que la question ait fait l'objet d'études systématiques à la Section de Tir aérien de Gâvres, nous estimons que les méthodes élaborées sur ce sujet important, par un physicien éprouvé, opérant d'ailleurs dans des conditions un peu différentes de celles où l'on se plaçait à Gâvres (M. Dunoyer a étudié le tir d'avion sur sol), doivent être portées à la connaissance des techniciens, et nous proposons leur publication.

L'Académie a également reçu un article du *Monthly Weather Review*, relatant d'importantes expériences sur la déviation due au vent, effectuées aux îles Hawaï et conduisant à modifier, sur certains points, les idées reçues.

VIII. **Phénomènes accessoires du tir.** — Une série d'études sur l'ensemble des phénomènes de toute espèce qui accompagnent le tir a été poursuivie, à Gâvres, par M. Esclangon. La Commission est saisie d'une partie des résultats de M. Esclangon. Ces résultats ont un intérêt scientifique au-dessus de toute contestation et nous en proposons la publication.

M. Malburet a adressé une double Communication dont une première partie est consacrée au second claquement que peuvent produire certaines pièces. Ce fait figure au nombre de ceux dont s'est occupé M. Esclangon. M. Malburet a le mérite de l'avoir retrouvé de son côté. D'autre part, le même auteur montre, contrairement à une assertion émise dans la presse, que l'erreur de repérage due au claquement ne peut pas dépasser 90°. Le fait mérite d'être noté; mais la démonstration qui en est donnée pourrait être améliorée sous le rapport de la rigueur.

En résumé, nous proposons la publication des travaux suivants :

Le Mémoire de M. *Drach* sur l'intégration logique de l'équation balistique et, le cas échéant, une Note de M. *Denjoy* sur le même sujet;

Note de M. *Kampé de Fériet* [expression de $\xi_n(\tau)$ par une série hypergéométrique];

Note de M. *Parodi* sur le calcul d'un réseau de trajectoires balistiques;

Note du même auteur sur le tracé mécanique de l'hodographe balistique;

Note sur le centre de courbure de l'hodographe ;

Trois Notes de M. *René Garnier* sur le lieu des points de courbure maxima des trajectoires; sur le contact des trajectoires balistiques déduit de celui des hodographes; sur la courbe de sûreté;

Note de M. *Bartozevski* sur la balistique intérieure;

Note de M. *Dunoyer* sur l'enregistrement photographique des trajectoires;

Communications de M. *Esclangon*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de *Lord Rayleigh*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. Michelson	obtient.	39 suffrages
Sir Norman Lockyer	»	5 »
M. Guye	»	2 »

M. A. Michelson, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Gustaf Retzius*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 42,

M. Viguier	obtient.	24 suffrages
M. R. Kœhler	»	7 »
M. L. Léger	»	4 »
M. Boutan	»	2 »
M. Dubois	»	2 »
M. Dubosq	»	2 »
M. Huguet	»	1 suffrage

M. Camille Viguier, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Culture* déclarée vacante au Muséum d'Histoire naturelle par arrêté en date du 17 janvier 1920.

(Renvoi à la Section de Botanique.)

M. le **Maire de Bordeaux** invite l'Académie à se faire représenter à la cérémonie où sera rappelé le serment fait, dans la salle du Grand Théâtre, par l'Assemblée nationale le 1er mars 1871.

L'Académie désigne M. le général **Bourgeois**, auquel seront invités à se joindre les Correspondants de l'Académie résidant à Bordeaux : MM. **Ulysse Gayon**, **Jean Bergonié** et **Camille Sauvageau**.

M. **L. Bianchi**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie; M. **G. Ciamician**, élu Associé étranger, adressent des remercîments à l'Académie.

M. **V. M. Slipher** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le Tome troisième du *Rapport général sur l'industrie française, sa situation, son avenir*. (Présenté par M. A. Haller.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *La courbure linéaire et aréale oblique d'une surface.* Note de M. **Nilos Sakellariou**, présentée par M. Appell.

1. Dans son *Bulletin d'études mathématiques supérieures*, M. N. Hatzidakis désigne (1918, p. 10) comme courbure linéaire d'une surface (S) le long de la tangente à une ligne MM′ de (S) au point M, la dérivée $\frac{d\omega}{ds}$, où $\Delta\omega$ représente l'angle des deux droites qui sont normales à (S) aux points M, M′. Dans un travail antérieur (*Generalisation of a formula from the theory of the surfaces*, anniversaire de l'Université d'Athènes, 1905-1906, p. 349) et dans son livre (*Introduction à la théorie des surfaces*, 1913, p. 91), M. Hatzidakis donne une formule plus générale que celle qui exprime l'angle infinitésimal de deux normales à la surface.

Dans ce qui suit, je donne une formule générale pour la notion plus générale *de courbure linéaire oblique* d'une surface le long de ses lignes, et une autre pour *la courbure aréale oblique* d'une surface en un de ses points M.

2. Si (g) est une droite arbitraire dans l'espace, qui passe par le point M de (S), dont les cosinus absolus sont désignés par $L_i (i = 1, 2, 3)$, les cosinus de ces angles avec le trièdre mobile de MM' [déterminé par la tangente en M, par la normale à cette ligne tangente à (S) et par la normale à (S) en M] par (a, b, c), et de plus si (α, β, γ), $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$, (l, m, n) sont les cosinus du trièdre avec les axes constants, on a la formule suivante pour la courbure linéaire oblique de (S) au point M :

$$\begin{aligned}\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 = \sum\left(\frac{db_i}{ds}\right)^2 &= \sum\left(\frac{d\alpha}{ds}\right)^2 + a^2\sum\left(\frac{d\alpha}{ds}\right)^2 + b^2\sum\left(\frac{d\alpha_1}{ds}\right)^2 + c^2\sum\left(\frac{dl}{ds}\right)^2 \\ &+ 2\sum\left(\alpha\frac{d\alpha_1}{ds}\right)\left(b\frac{da}{ds} - a\frac{db}{ds}\right) + \sum\left(\alpha\frac{dl}{ds}\right)\left(c\frac{da}{ds} - a\frac{dc}{ds}\right) \\ &+ 2\sum\left(\alpha_1\frac{dl}{ds}\right)\left(c\frac{db}{ds} - b\frac{dc}{ds}\right) + 2ab\sum\left(\frac{da}{ds}\right)\left(\frac{d\alpha_1}{ds}\right) \\ &+ 2ac\sum\left(\frac{da}{ds}\right)\left(\frac{dl}{ds}\right) + 2bc\sum\left(\frac{d\alpha_1}{ds}\right)\left(\frac{dl}{ds}\right),\end{aligned}$$

où $\Delta\omega$ représente l'angle des deux droites (g) qui correspondent aux points M, M' de MM'. En désignant par k_n, k_g les projections de la courbure de MM' sur la normale et sur le plan tangent de (S), par t la torsion géodésique, en M, on trouve

$$\begin{aligned}\left(\frac{d\omega}{ds}\right)^2 = \sum\left(\frac{da}{ds}\right)^2 &+ (a^2+b^2)k_g^2 + (a^2+c^2)k_n^2 + (b^2+c^2)t^2 \\ &+ 2\left(a\frac{db}{ds} - b\frac{da}{ds}\right)k_g + 2\left(a\frac{dc}{ds} - c\frac{da}{ds}\right)k_n \\ &+ 2\left(b\frac{dc}{ds} - c\frac{db}{ds}\right)t + 2abk_n t + 2bck_n k_g + 2ack_g t.\end{aligned}$$

Nous pouvons introduire dans la formule précédente les quantités k', k'', qui représentent la torsion et la courbure totale de MM' en M, si l'on pose

$$k_n = k\cos\varphi, \qquad k_g = -k\sin\varphi, \qquad t = k' - \frac{d\varphi}{ds}$$
$$(k = \text{courbure de MM' en M}),$$

où φ est l'angle de la première normale de MM' en M avec la normale de (S), et, du reste, éliminer les k, k' à l'aide des formules d'Euler et de Bonnet-Bertrand :

$$k\cos\varphi = k_1\cos^2\theta + k_2\sin^2\theta, \qquad k' - \frac{d\varphi}{ds} = \frac{1}{2}(k_2 - k_1)\sin(2\theta),$$

où k_1, k_2 sont les courbures principales en M, et θ l'angle défini par

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{dy}{dx} \qquad (v = y,\ u = x).$$

La formule générale ci-dessus contient un grand nombre d'autres formules comme cas particuliers : par exemple, la courbure tangentielle, normale, totale, torsion géodésique, etc. de la courbe considérée.

3. Si $(\overline{g})$ est une droite arbitraire dans l'espace qui passe par le point $M(x, y, z)$ de (S), (A, M, N) ses cosinus absolus, (a, b, c) celui de ses angles avec le trièdre principal de (S) en M, et, de plus, (A_1, B_1, C_1), (A_2, B_2, C_2), (l, m, n) les cosinus du trièdre par rapport aux axes immobiles, on trouve la formule suivante pour la courbure aréale oblique de (S) :

$$\begin{aligned}
K = \frac{d\Sigma}{dS} &= a^2 \frac{\partial(A_1, B_1)}{\partial(x, y)} + b^2 \frac{\partial(A_2, B_2)}{\partial(x, y)} + c^2 \frac{\partial(l, m)}{\partial(x, y)} + ab\left[\frac{\partial(A_1, B_2)}{\partial(x, y)} - \frac{\partial(B_1, A_2)}{\partial(x, y)}\right] \\
&+ ac\left[\frac{\partial(A_1, m)}{\partial(x, y)} - \frac{\partial(B_1, l)}{\partial(x, y)}\right] + b\left[\frac{\partial(A_2, m)}{\partial(x, y)} - \frac{\partial(B_2, l)}{\partial(x, y)}\right] \\
&+ a\left[A_1 \frac{\partial(a, B_1)}{\partial(x, y)} - B_1 \frac{\partial(a, A_1)}{\partial(x, y)} + A_2 \frac{\partial(b, B_1)}{\partial(x, y)}\right. \\
&\qquad\left. - B_2 \frac{\partial(b, A_1)}{\partial(x, y)} + l \frac{\partial(c, B_1)}{\partial(x, y)} - m \frac{\partial(c, A_1)}{\partial(x, y)}\right] \\
&+ b\left[A_1 \frac{\partial(a, B_2)}{\partial(x, y)} - B_1 \frac{\partial(a, A_2)}{\partial(x, y)} + A_2 \frac{\partial(b, B_2)}{\partial(x, y)}\right. \\
&\qquad\left. - B_2 \frac{\partial(b, A_2)}{\partial(x, y)} + l \frac{\partial(c, B_2)}{\partial(x, y)} - m \frac{\partial(c, A_2)}{\partial(x, y)}\right] \\
&+ c\left[A_1 \frac{\partial(a, m)}{\partial(x, y)} - B_1 \frac{\partial(a, l)}{\partial(x, y)} + A_2 \frac{\partial(b, m)}{\partial(x, y)}\right. \\
&\qquad\left. - B_2 \frac{\partial(b, l)}{\partial(x, y)} + l \frac{\partial(c, m)}{\partial(x, y)} - m \frac{\partial(c, l)}{\partial(x, y)}\right] \\
&+ (A_1 B_2 - A_2 B_1) \frac{\partial(a, b)}{\partial(x, y)} + (A_1 m - B_1 l) \frac{\partial(a, c)}{\partial(x, y)} + (A_1 m - B_1 l) \frac{\partial(b, c)}{\partial(x, y)},
\end{aligned}$$

où dS est un triangle infinitésimal MM_1M_2 de (S) et $d\Sigma$ son image sur la sphère de Gauss, ainsi qu'à chaque point de dS correspond une droite $(\overline{g})$ et un point de $d\Sigma$, l'extrémité du rayon parallèle à $(\overline{g})$.

En posant $a = 0$, $b = 0$, $c = 1$, on a la courbure de Gauss. Au moyen de l'expression ci-dessus de K, on peut généraliser la formule de Rodrigues qui donne la courbure totale d'un triangle géodésique de (S).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur certains mouvements cycliques avec ou sans tourbillons*. Note de M. **Henri Villat**.

Dans un domaine fluide annulaire $\left(q = e^{-\frac{\pi\omega_3}{i\omega_1}} \leqq |z| \leqq 1\right)$, il peut exister des configurations cycliques comportant n tourbillons d'intensité k (ou aussi alternativement $\pm k$ si n est pair) disposés aux sommets d'un polygone régulier. Dans le plan complexe z, sauf aux centres des tourbillons, la fonction f qui détermine le mouvement est, en se plaçant par exemple dans le premier cas et en mettant un tourbillon au point $re^{i\lambda}$,

$$f = \mathrm{A}i\log z + \frac{k}{2i\pi}\log\frac{\sigma\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(i\lambda - \log z + \log r)\middle|\frac{\omega_1}{n}\,\omega_3\right]}{\sigma\left[\frac{\omega_1}{i\pi}(i\lambda - \log z - \log r)\middle|\frac{\omega_1}{n}\,\omega_3\right]}$$
$$- \frac{k\omega_1^2}{i\pi^3}\log r\log z\left\{p\left(\frac{2\omega_1}{n}\middle|\omega_1\,\omega_3\right) + p\left(\frac{4\omega_1}{n}\middle|\omega_1\,\omega_3\right) + \ldots + p\left[\frac{2(n-1)\omega_1}{n}\middle|\omega_1\,\omega_3\right]\right\}.$$

La vitesse de chaque tourbillon est normale au rayon vecteur et égale à

$$\mathrm{V} = -\frac{\mathrm{A}}{r} - \frac{k}{4\pi r} + \frac{ik\omega_1}{2\pi^2 r}\zeta\left(\frac{2\omega_1}{i\pi}\log r\middle|\frac{\omega_1}{n}\,\omega_3\right)$$
$$- \frac{k\omega_1^2\log r}{\pi^3 r}\left\{p\left(\frac{2\omega_1}{n}\middle|\omega_1\,\omega_3\right) + \ldots + p\left[\frac{2(n-1)\omega_1}{n}\middle|\omega_1\,\omega_3\right]\right\}.$$

Pour une valeur convenable de A, c'est-à-dire du débit, cette vitesse est nulle. Le système ainsi constitué est stable.

Par une transformation conforme, on peut passer du cas simple précédent au cas d'un mouvement cyclique avec n tourbillons dans un domaine S ayant la connexion de l'anneau. Soit $\mathrm{Z} = \mathrm{Z}(z)$ la relation qui permet de passer du plan z au plan Z, où nous placerons l'anneau circulaire. Il est ici extrêmement intéressant d'appliquer l'ingénieuse méthode de M. B. Caldonazzo (¹). Imaginons le domaine S occupé par un fluide irrotationnel, on fera correspondre S à l'anneau, en posant, les notations f, Ω concernant le mouvement auxiliaire,

$$\mathrm{Z} = e^{\frac{2i\pi f}{\varphi_0}}; \qquad \frac{df}{dz} = e^{-i\Omega} = e^{\mathrm{T}}e^{-i\Theta}.$$

(¹) *Atti dei Lincei*, 1919, p. 191, 301, 501.

Car la fonction $\Omega(z)$, *non uniforme* dans l'anneau, peut être calculée en utilisant les principes d'un de mes Mémoires antérieurs [1]. Si l'on considère un des tourbillons $(Z = re^{i\lambda})$, on trouve que les composantes de sa vitesse sur les directions tangente et normale à la ligne de courant du mouvement auxiliaire sont

$$\begin{aligned} V_{\text{tang}} = \frac{k}{4\pi}\frac{\partial\Theta}{\partial s} + ai\left\{\frac{4\omega_1^2 k}{\pi\varphi_0^2}\left[p\left(\frac{2\omega_1}{n}\right) + p\left(\frac{4\omega_1}{n}\right) + \ldots\right]\psi - \frac{2A\pi}{\varphi_0} - \frac{ik\omega_1}{\pi\varphi_0}\zeta\left(\frac{4\omega_1\psi}{i\varphi_0}\right)\right\} \\ \times \sigma\left(\frac{4\omega_1\psi}{i\varphi_0}\right) e^{-\frac{4A\pi^2}{k\varphi_0}\psi + \frac{8\omega_1^2}{\varphi_0^2}\left[p\left(\frac{2\omega_1}{n}\right) + p\left(\frac{4\omega_1}{n}\right) + \ldots\right]\psi^2}, \end{aligned}$$

$$V_{\text{norm}} = -\frac{k}{4\pi}\frac{\partial T}{\partial s}.$$

Dans ces formules, les dérivées sont prises par rapport à l'arc s d'une ligne $\psi = \text{const.}$

Si l'on suppose que le champ S possède une symétrie d'ordre n autour d'un centre, les points d'arrêt se disposent sur une courbe ondulée à n arches entre les deux frontières. On est conduit à des calculs très élégants en considérant, par exemple, le domaine limité par deux polygones réguliers concentriques, auquel cas l'introduction des tourbillons correspond très naturellement à la présence des pointes du polygone intérieur.

Cependant l'étude des mouvements cycliques autour d'un solide présentant un ou plusieurs angles doit être poursuivie d'une façon plus rationnelle, en admettant qu'en chacun des angles en question la ligne de courant quitte le contact avec la paroi pour la rejoindre plus loin. En supposant le fluide indéfini autour d'un solide le long duquel le contact cesse une fois, la solution générale est la suivante : le mouvement ayant lieu dans le plan z, F et Z étant deux variables auxiliaires, on a

$$dz = \frac{\varphi_0}{2i\pi} e^{i\Omega(Z)} \frac{dF}{F}; \qquad \frac{F - e^{i\alpha}}{F - e^{-i\alpha}} = -e^{i\alpha}\left(\frac{Z-1}{Z+1}\right)^2;$$

φ_0 et α sont deux constantes, et la fonction Ω est définie par

$$\Omega(Z) = i\log Z + \frac{1-Z^2}{\pi}\int_0^{\pi} \frac{\mathcal{F}(t)\,dt}{1 - 2Z\cos t + Z^2}.$$

Si l'on pose, θ étant l'argument de Z pour $|Z| = 1$,

$$\mathcal{F}(t) = \mathcal{G}(t) + \theta,$$

---

[1] *Circolo di Palermo*, 1912.

la fonction $\mathcal{G}(t)$ doit satisfaire à deux conditions de fermeture, à savoir

$$\int_0^\pi \mathcal{G}(t)\frac{\cos t\left[1+\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}+\frac{\pi}{4}\right)\sin^2 t\right]}{\left[\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}+\frac{\pi}{4}\right)+\cos^2\left(\frac{\alpha}{2}+\frac{\pi}{4}\right)\cos^2 t\right]^2}dt=\frac{2\pi\cos\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\pi}{8}\left[\cos\frac{\pi}{8}-\cos\left(\alpha+\frac{3\pi}{8}\right)\right]}$$

et une autre de même forme.

Le procédé précédent n'est plus valable dès que le nombre des cessations de contact dépasse l'unité. Mais, si le solide possède une symétrie d'ordre n, la solution générale est encore abordable : c'est le cas pour une frontière polygonale régulière. En ne prenant en considération qu'un secteur du domaine, compris entre les équipotentielles aboutissant à deux contacts successifs, j'ai pu expliciter la solution dans le cas général. Les conditions que j'appelle « de fermeture » sont vérifiées d'elles-mêmes, mais il s'introduit d'autres conditions. Par exemple, pour le polygone régulier, il faut exiger l'alignement de certains points : cela conduit à la détermination d'une certaine constante α au moyen de la relation

$$\int_0^\alpha \sin\left[\mathrm{H}(\varepsilon)-\frac{\varepsilon}{n}\right]d\varepsilon=0$$

avec

$$\mathrm{H}(\varepsilon)=\frac{2}{n\pi}\left[\operatorname{tang}\left(\frac{\varepsilon}{2}-\frac{\alpha}{4}\right)\frac{\sqrt{\sin\frac{\varepsilon}{2}}+\sqrt{\sin\frac{\alpha-\varepsilon}{2}}}{\sqrt{\sin\frac{\varepsilon}{2}}-\sqrt{\sin\frac{\alpha-\varepsilon}{2}}}-\operatorname{tang}\frac{\alpha}{4}\right]$$
$$\times\int_0^\pi\frac{\operatorname{arc\,tang}\left(\dfrac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}-\operatorname{tang}^2\frac{\varphi}{2}}\right)}{\operatorname{tang}\frac{\alpha}{4}-\cos\varphi\operatorname{tang}\left(\frac{\varepsilon}{2}-\frac{\alpha}{4}\right)}d\varphi.$$

On peut rattacher aux considérations précédentes toutes sortes de questions du même ordre; on en trouvera les calculs dans le Mémoire détaillé, notamment pour le cas plus compliqué où le fluide n'est pas illimité autour du solide central, et pour le cas où le solide intérieur présente deux pointes sans qu'il y ait symétrie.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les bétons légers : Calcul de l'augmentation de puissance que leur emploi procure à l'art de bâtir.* Note [1] de M. **Charles Rabut**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans les constructions en maçonnerie ou en béton, le *poids mort* est presque toujours une cause de fatigue, donc de dépense, que l'on a depuis longtemps combattue, d'abord par l'*évidement* des massifs, puis par l'emploi de *liants plus résistants*, plus tard par l'introduction d'*armatures métalliques*, enfin par le choix de *pierres légères*. Ce dernier moyen, le plus simple de tous, n'est appliqué systématiquement que depuis peu d'années et sur une échelle encore restreinte : pour le susciter, il n'a fallu rien moins que la *crise de la main-d'œuvre* qui, avantageant l'emploi de pièces moulées d'avance et mises en place par des grues, fait naître de toute réduction des masses à manutentionner une économie de temps et d'argent.

Tel est le motif des recherches expérimentales que j'ai entreprises dès 1909 sur les bétons de mâchefer. J'ai établi, notamment, que, pour une même teneur en ciment après contraction, le béton de mâchefer est généralement plus résistant que le béton de gravier, quelquefois un peu moins; qu'il pèse de 30 à 40 pour 100 de moins, que le rapport de la résistance au poids est maximum pour un volume de sable quatre ou cinq fois moindre que celui de mâchefer.

A la suite de ces essais, j'ai construit en béton de mâchefer les parties principales de deux ouvrages importants, savoir : le pont sous la station d'Asnières et l'appontement dit de Lestonnat dans le port de Bordeaux. Je termine actuellement, dans l'arsenal de Lorient, un grand appontement entièrement en béton de mâchefer comportant des pilotis de 20^m de long et $0^m,40$ d'équarrissage. Je fais exécuter en béton léger des wagons-citernes et des bateaux. Mais cette dernière application se développe surtout aux États-Unis, grâce à l'emploi de briques poreuses ne pesant que le tiers de l'eau et fournissant un béton de résistance normale sous le poids 1,3. On arrive donc à faire des bétons moitié moins lourds, à résistance égale, que ceux de gravier.

Leur étude théorique comporte deux parties : 1° Calcul du *rendement* de chaque type d'ouvrage (rapport de sa résistance à son prix), en fonction du *poids spécifique*, de la résistance et du prix du béton; 2° calcul du

[1] Séance du 16 février 1920.

maximum de hardiesse que permet d'atteindre un béton défini par sa résistance r et son poids spécifique p. C'est un aperçu de cette seconde étude que je désire donner ici en montrant de combien les limites extrêmes actuellement atteintes pour l'ouverture, la hauteur, etc., des grands ouvrages peuvent d'ores et déjà être relevées par l'emploi de bétons légers armés ou non.

Il y a de grandes différences, à ce point de vue, entre les divers types d'ouvrage : ainsi, pour les *ponts suspendus*, bien que l'emploi d'un béton léger dans les pylônes et le platelage procure une grande économie, surtout si ce dernier est utilisé comme poutre raidissante, il n'en résulte aucun relèvement sensible dans la limite de la portée franchissable.

Tout autre est le cas des *ponts voûtés*. Pour ceux qui supportent une route peu fatiguée, un aqueduc, etc., où la surcharge n'est qu'une petite partie du poids mort, le rayon d'une voûte non armée a pour formule

$$\rho = \frac{r}{p};$$

une réduction de moitié sur p sans changer r permet donc de *doubler* le maximum du rayon, c'est-à-dire de la hardiesse : à qualité et quantité égales de ciment, on porte cette limite de 100^{m} à 200^{m}. Pour les voûtes sous rails les plus lourdement chargées, la majoration dépasse encore 30 pour 100.

L'ouvrage le plus instructif à cet égard est *le mur de réservoir*, parce qu'avant la crise économique, la densité de la maçonnerie y était un élément favorable au rendement. Étudions d'abord un mur construit suivant les principes en vigueur : massif plein en maçonnerie ou béton de chaux *non armé*, profil triangulaire, parement amont vertical, pression intérieure amont égale en charge à celle de l'eau et pouvant, à vide, atteindre $\frac{3}{2}$. D'où les deux conditions $h \leqq r$ et $h \leqq \frac{3r}{2p}$ $\left(\text{celle relative au parement aval, } h \leqq \frac{2r}{p}, \text{ n'intervenant pas}\right)$. Pour $p = 2{,}4$, c'est la seconde qui intervient et donne $h \leqq \frac{r}{1{,}6}$; pour $p = 1{,}2$, c'est la première. La limite actuelle de hauteur, 100^{m}, peut donc être portée à 160^{m}. Avec un profil de même forme pourvu de mon *armature-surface* (tôle d'acier d'épaisseur e formant le parement amont), le mur, étanche, peut sans risque subir une tension. Soit r' la valeur de cette tension dans l'armature; appelant, comme d'usage, m le coefficient d'équivalence et y la distance de l'axe neutre au

parement aval, la loi de Navier s'écrit

$$y = \frac{mr\,b}{r' + mr},$$

puis l'équilibre des forces en projection verticale donne

$$ry = 2r'e + pbh.$$

Éliminant y, il vient

$$\frac{e}{b} = \mathrm{A} - \mathrm{B}ph$$

(A, B, fonctions de r, r', m). D'autre part, si n est le rapport des prix par mètre cube de l'acier et du béton, la condition

$$db + n\,de = 0$$

exprime que le rendement du type est *optimum;* combinée avec la précédente, elle donne

$$ph = \text{fonction de } m,\ n,\ r,\ r'.$$

Donc, pour ce second type, si p est réduit de moitié, h peut, de ce seul chef, être *doublée* (en dehors, bien entendu, de l'accroissement considérable de puissance fourni dans les deux cas par l'armature-surface).

On obtient des résultats analogues dans le cas d'une haute cheminée, d'une haute pile de viaduc, d'un pylône de ligne ou de T. S. F., etc.

Traitons enfin le *pieu en béton armé* moulé à plat : comme c'est pendant sa manutention qu'il subit les plus grands efforts, il y a intérêt à le déplacer sous l'eau. Soient l sa longueur, a son équarrissage; on a sous l'eau

$$r = \frac{\mathrm{M}v}{\mathrm{I}} = \frac{\mathrm{K}(p-1)a^3l^2}{\mathrm{K}'a^4} = \frac{\mathrm{K}(p-1)l^2}{\mathrm{K}'a}$$

(K, K' constantes dépendant de la section du pieu et des points d'attache des amarres).

Donc, pour un équarrissage donné, l peut varier en raison inverse de $\sqrt{p-1}$, c'est-à-dire être *multipliée par* 2,6 et passer d'environ 15^{m} à 40^{m}.

Ces exemples prouvent que les bétons légers mettent à la disposition des constructeurs un surcroît de puissance qui, pour certaines catégories d'ouvrages, et non les moindres, peut atteindre des taux inattendus et faire espérer des applications grandioses.

PESANTEUR. — *De l'influence de la déformation du couteau et du plan de suspension sur la durée des oscillations du pendule.* Note de M. **Paul Le Rolland**, présentée par M. G. Lippmann.

Dans une Note du 15 juillet 1914 (1), j'ai exposé une réalisation de la méthode photographique, imaginée par M. Lippmann (2) pour la comparaison des pendules.

La grande souplesse de la méthode, sa précision et le fait qu'elle comporte un enregistrement photographique de l'arc d'oscillation m'ont permis d'étudier les variations de la durée de la période en fonction de l'amplitude.

Le pendule à étudier oscille librement et à différents états de son mouvement, sa durée d'oscillation est comparée à celle d'un pendule libre, étalon de temps, oscillant toujours dans les mêmes limites d'amplitude.

Si T_0 est la durée des oscillations infiniment petites et T_α la durée de l'oscillation d'amplitude α, on a

$$T_\alpha = T_0 + \varphi(\alpha).$$

Pendule à couteau oscillant sur divers plans. — On pose ordinairement

$$\varphi(\alpha) = \frac{\alpha^2}{16} T_0.$$

Or, la réduction étant ainsi faite, je constate toujours que la durée de l'oscillation mesurée sous les petits arcs (de quelques minutes) est plus faible que celle qui correspond aux grands arcs (de 1° à 2°).

Pour des couteaux et des plans de grande dureté (agate, acier), la différence des durées, pour le pendule à seconde, est de l'ordre du millionième; elle atteint même quelquefois, sans raison apparente, le cent-millième de seconde.

L'effet devient beaucoup plus considérable si l'on fait osciller le pendule sur des plans moins résistants.

D'autre part, il apparaît nettement que c'est la durée des petites oscillations qui est modifiée par la déformation du support.

En effet, quelle que soit la nature du plan sur lequel repose le couteau, on trouve toujours la même durée d'oscillation, quand on la mesure sous

(1) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 166.
(2) *Comptes rendus*, t. 124, 1897, p. 125.

une amplitude suffisamment grande (2° par exemple). Au contraire, la durée, aux petites amplitudes, varie beaucoup avec la nature du plan.

Je ne puis donner ici que quelques indications : Par exemple, pour un pendule à seconde, entre 2° et 5′ d'amplitude, les variations correspondant à divers plans ont les ordres de grandeur suivants :

Verre $= \frac{1}{100000}$ s. Cu rouge $= \frac{2}{10000}$ s. Al $= \frac{1}{1000}$ s. Pb $= \frac{1}{100}$ s.

Pendule suspendu à un cylindre. — La théorie du roulement avec frottement d'un cylindre (de rayon ρ) sur un plan conduit à poser

$$\varphi(\alpha) = \left(\frac{1}{16} T_0 + \frac{\pi^2 \rho}{g T_0}\right) \alpha^2.$$

Cette formule ne s'accorde pas avec les faits. Les courbes de variation de durée avec l'amplitude ont exactement même forme qu'avec les couteaux (ce sont sensiblement des hyperboles équilatères), mais elles accusent une énorme influence du support sur la durée des petites oscillations. La durée des grandes oscillations est, ici encore, indépendante de la nature des plans.

Pour interpréter tous ces résultats, il suffit d'admettre qu'au moment où le pendule passe par la verticale, le centre instantané de rotation se déplace brusquement, en sens inverse du mouvement du centre de gravité, de la quantité a, indépendante de l'amplitude, mesurant la largeur de la surface de contact, suivant laquelle le couteau s'écrase sur son support.

Il en résulte, à chaque oscillation double, une perte de phase égale à $4 . \arcsin \frac{a}{2h\alpha}$, h étant la distance du centre de gravité au plan de suspension, en sorte que si T_0 est la durée de l'oscillation affranchie de l'action du support et $T_{0,\alpha}$ la durée de l'oscillation d'amplitude α, ces deux durées étant réduites à l'amplitude infiniment petite par la formule ordinaire, on doit avoir

$$(1) \qquad T_{0,\alpha} = T_0\left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{a}{2h\alpha}\right).$$

Une théorie plus complète, tenant compte du roulement et de la variation de la réaction du plan ne modifie pas sensiblement cette formule, qui rend bien compte des faits expérimentaux.

Je donnerai, par exemple, quelques valeurs des durées observées, réduites à l'amplitude infiniment petite, et des durées calculées par la formule (1) dans le cas où le pendule est suspendu à un cylindre d'acier de $7^{mm},5$ de diamètre, roulant sur des plans d'acier.

Amplitude (en radians).	Durée observée.	Durée calculée.
	s	s
0,0013	0,9900	0,9898
0,0031	0,9943	0,9944
0,0057	0,9959	0,9960
0,0088	0,9964	0,9965
0,0114	0,9968	0,9968
0,0155	0,9970	0,9970
0,0191	0,9972	0,9971
0,0269	0,9974	0,9973

La valeur limite T_0, calculée par la formule (1), est $0^s,9976$. C'est exactement la valeur théorique que l'on calcule dans l'hypothèse du roulement sans frottement.

Le calcul donne ici $a = 0^{mm},03$.

Pour les couteaux ordinaires, on trouve a de l'ordre de $\frac{1}{100}\mu$.

La formule (1) montre que l'effet produit sur la durée d'oscillation par l'écrasement du couteau est inversement proportionnel à h. Ce fait est exactement vérifié par l'expérience. On explique d'ailleurs ainsi presque toutes les anomalies rencontrées dans les observations, surtout dans le cas des oscillations des pendules courts et des balances.

En résumé, le roulement du couteau sur le plan de suspension est accompagné de variations dans l'isochronisme des oscillations, non prévues par la théorie ordinairement admise. Il ne s'agit pas, comme l'a supposé Bessel, de l'influence sur le mouvement d'une figure déterminée et rigide de l'arête, ni d'une force élastique du support. L'effet est dû à la déformation mutuelle du couteau et du plan.

Les quelques auteurs qui ont signalé des anomalies de ce genre dans les observations du pendule ont corrigé empiriquement les durées des grandes oscillations. L'expérience nous montre qu'au contraire la correction doit porter sur les petites oscillations.

Cette correction ne peut être prévue *a priori;* elle dépend d'ailleurs de la façon très irrégulière dont se fait le contact entre le couteau et le plan, et c'est là une difficulté de plus dans l'emploi du pendule (avec réversion et échange des couteaux) pour les mesures absolues de la pesanteur ([1]).

Pour reconnaître l'existence de cette cause d'erreur et l'éliminer, il semble nécessaire, par l'emploi d'une méthode précise et rapide, comme la méthode photographique, de suivre exactement les variations de la durée d'oscillation en fonction de l'amplitude.

([1]) Voir à ce sujet une Note de M. A. Guillet, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1050.

ÉLECTRICITÉ. — *Un nouvel arc à mercure à courant alternatif.* Note de M. Henri Georges, présentée par M. Paul Janet.

On sait que l'arc entre électrodes métalliques ne se maintient pas dans les conditions usuelles en courant alternatif. Aarons a montré que si l'on coupe le courant continu traversant un arc entre électrodes de mercure et qu'on remette la tension aux bornes de cet arc seulement $\frac{1}{100\,000}$ de seconde après l'interruption, l'arc ne se rallumait pas. On a tourné la difficulté en établissant des lampes à mercure à trois électrodes, l'une étant reliée au point milieu d'un autotransformateur dont les extrémités sont en connexion avec les deux autres. Ce n'est point là un arc à courant alternatif, chaque moitié de la lampe étant parcourue par un courant toujours de même sens.

D'autre part, les études sur les convertisseurs à vapeur de mercure ont conduit à rechercher dans quelles conditions un arc était possible entre deux électrodes de mercure en courant alternatif. On a reconnu que l'arc entre électrodes de mercure déjà chaudes était possible avec des tensions supérieures à 600 volts, à condition que le circuit présente une self-induction notable et que la tension de la vapeur de mercure soit supérieure à 1^{cm} de mercure.

J'ai trouvé qu'on pouvait maintenir un arc entre électrodes de mercure non chauffées au préalable avec une tension d'environ 400 volts, l'amorçage étant réalisé en coupant un filet de mercure réunissant les électrodes dans une atmosphère de néon à la pression d'une vingtaine de centimètres. Mais j'ai été amené, par la suite, à établir une lampe industrielle en quartz, à deux électrodes, basée sur un principe différent, que j'ai pu mettre au point grâce à l'appui que j'ai trouvé auprès de M. Berlemont.

Cette lampe atteint en régime une pression intérieure de vapeur supérieure à 2^{kg} par centimètre carré. Son rendement lumineux est par suite extrêmement élevé. L'allumage est produit directement entre électrodes froides et avec des tensions supérieures à 500 volts.

La lampe est constituée en principe par un tube illuminant en quartz aux extrémités duquel sont soudés des réservoirs contenant une quantité de mercure extrêmement faible (1^{cm^3} pour une lampe de 2 kilowatts). C'est à ce mercure qu'aboutissent les électrodes. La lampe contient une atmosphère de gaz rare (néon de préférence) dont la pression est supérieure à 1^{cm} de mercure. Elle est montée aux bornes du secondaire d'un

transformateur dont le circuit primaire contient une bobine de self. Mieux encore, on peut employer un transformateur à fuites. Dans ces conditions, l'allumage de la lampe est réalisé par simple fermeture du circuit primaire.

La période qui suit immédiatement l'allumage est celle de la luminescence dans le gaz inerte. Le spectre de la lumière émise contient les raies du gaz. La tension aux bornes est de l'ordre de 2 volts par centimètre de longueur d'arc.

Cette période ne dure qu'une fraction de seconde; le mercure est en effet rapidement vaporisé et l'on voit la tension aux bornes de l'arc baisser très vite jusqu'à environ 0,5 volt par centimètre de longueur d'arc. A ce moment la lumière émise ne contient plus que les raies du mercure. Le gaz éliminé du tube illuminant est recueilli dans des réservoirs soudés à ce tube qui servent également à assurer la condensation du mercure. On arrive à ce stade quelques secondes après l'allumage. C'est la période de luminescence dans la vapeur de mercure.

A partir de ce moment, comme la quantité de mercure des électrodes est très faible, la pression croît très vite, ce qui est du reste une condition absolue de stabilité. En même temps la tension aux bornes croît progressivement et, au régime, atteint environ 50 volts par centimètre. L'arc a la forme d'un fin cordon très éclatant et la température de la paroi de la lampe atteint 700°. C'est le régime de l'arc à haute pression. Il est atteint environ 7 minutes après l'allumage.

On voit que j'ai pu réaliser dans cette lampe, sans aucune période d'instabilité, le passage successif par les régimes de la luminescence dans un gaz, luminescence dans le mélange du gaz et de la vapeur de mercure, luminescence dans la vapeur de mercure à basse pression, puis, la pression croissant, atteindre le régime de l'arc à grande pression de vapeur. Pour obtenir ce résultat, il est essentiel de dimensionner très exactement la lampe pour que la pression intérieure monte très vite au début du fonctionnement. On constate en effet que si l'on retarde la vaporisation du mercure des électrodes en refroidissant ces dernières par un jet d'air par exemple, l'arc ne tarde pas à devenir instable et à s'éteindre. D'autre part, les conditions de refroidissement doivent être telles que le régime fixé soit stable et se maintienne indéfiniment.

Un premier type de lampe a été mis au point. La puissance consommée dans l'arc, au régime, est de 2 kilowatts. La lampe, dont le tube illuminant a 40^{cm} de long, est branchée au secondaire d'un transformateur 110/3000 volts. Au régime, le courant dans la lampe est de 1 ampère et la

tension aux bornes 2250 volts avec un facteur de puissance de 0,7 environ.

On peut faire des lampes plus petites qui seront d'un emploi commode au laboratoire, mais l'intérêt de cette nouvelle lampe réside surtout dans la possibilité de réaliser des unités très puissantes. On peut entrevoir la réalisation de lampes de 10 kilowatts et au-dessus qui seront les plus puissantes sources d'ultraviolet qui aient été réalisées jusqu'à ce jour.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les alliages de cuivre, de zinc et de nickel.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. Le Chatelier.

Depuis que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie les premiers résultats ([1]) de mes études relatives à l'influence du nickel sur la structure et les propriétés des laitons, l'industrie utilise de façon courante un alliage ayant pour composition

$$Cu = 50, \quad Ni = 5, \quad Zn = 45$$

et présentant les propriétés mécaniques suivantes, à l'état laminé et recuit : charge de rupture par millimètre carré, $R = 50^{kg}$; allongement, A pour 100 = 45; résilience, $\rho = 10$; dureté, $\Delta = 100$.

Cet alliage a une coloration jaune un peu plus pâle que le laiton de décolletage ordinaire et présente une inoxydabilité bien supérieure à celle de ce dernier produit, mais on peut obtenir des laitons au nickel beaucoup plus intéressants encore en abaissant nettement la teneur en cuivre et en augmentant le pourcentage de nickel. Si l'on a soin de maintenir le titre fictif entre 56 et 62 pour 100 de cuivre, d'après la formule que j'ai établie précédemment ([2]), on a des alliages forgeables à température élevée, dont les propriétés mécaniques sont remarquables, dont la couleur et l'inoxydabilité sont comparables à celles des maillechorts, lesquels ne se travaillent qu'à température ordinaire et renferment toujours une teneur plus élevée en cuivre, et le plus souvent un pourcentage plus fort en nickel.

A titre d'exemple, je signalerai les résultats obtenus avec quelques-uns de ces alliages :

([1]) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1512.

([2]) *Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1047.

1° Cu = 46,35; Ni = 10,35; Zn = 43,16; Titre fictif : Cu = 58 :

	R.	A pour 100.	ρ.	Δ.
A l'état brut de coulée	48,3	31,0	11,0	128
A l'état laminé et recuit	56,6	45,0	13,2	137
A l'état étiré (passe de 2mm)	71,6	14,0	5,0	207

2° Cu = 40,46; Ni = 12,86; Zn = 46,52; Titre fictif : Cu = 57 :

	R.	A pour 100.	ρ.	Δ.
A l'état brut de coulée	64,5	7,0	4,3	190
A l'état laminé et recuit	60,8	18,5	7,8	170

Si l'on veut faciliter le travail sur machines-outils de ces alliages, il faut y ajouter, tout comme dans les laitons ordinaires, un faible pourcentage de plomb : 1 à 3 pour 100. Les allongements et la résilience diminuent un peu, le plomb gardant sa personnalité dans l'alliage. Cependant les propriétés restent fort intéressantes. Voici les propriétés mécaniques d'un alliage ayant pour composition :

Cu = 45,48; Ni = 10,48; Zn = 40,58; Pb = 3,06.

	R.	A pour 100.	ρ.	Δ.
A l'état brut de coulée	37,5	11,5	4,4	117
A l'état laminé et recuit	51,8	45,5	9,4	126

La différence entre les propriétés du métal brut de coulée et celles du métal laminé recuit est bien plus accusée que dans les laitons sans plomb.

L'étude thermique des laitons au nickel prouve de façon très nette que les points de transformation de ces alliages sont sensiblement les mêmes que ceux des laitons ayant pour titre réel les titres fictifs des produits spéciaux.

Le Tableau suivant donne sur ce point quelques précisions :

					Points de transformation	
	Cu.	Zn.	Ni.	Titre fictif.	à l'échauffement.	au refroidissement.
1°	60	40	»	»	445 et 780	740 et 450
2°	55	45	»	»	445	450
3°	46,35	43,16	10,35	58,5	660 et 810	760 et 660
4°	40,46	44,65	14,42	57	470 et 730	730 et 375
5°	46	54	»	»	450	450
6°	40	60	»	»	450	350

Donc, sur un laiton de teneur en cuivre déterminée, le nickel produit un relèvement de la position des points de transformation tel que ceux-ci ont sensiblement la même valeur que ceux des alliages binaires de cuivre et de zinc ayant pour titre fictif le titre réel de l'alliage.

En résumé, les laitons au nickel, dans lesquels la teneur en cuivre peut tomber à 40 pour 100 et même moins et le pourcentage en nickel atteindre 15 pour 100, présentent un intérêt tout à fait remarquable par leurs propriétés mécaniques (charge de rupture variant de 45^{kg} à 75^{kg} avec des allongements de 45 à 18 pour 100), leur couleur allant du jaune pâle au blanc, leur inoxydabilité comparable à celle des maillechorts et leur grande facilité de forgeage à température élevée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dissociation du carbamate d'ammoniaque.* Note de MM. **C. Matignon** et **M. Fréjacques**, présentée par **M. H. Le Chatelier.**

La dissociation du carbamate d'ammoniaque a déjà fait l'objet de plusieurs études. Naumann (1) et Isambert (2) ont mesuré les pressions de dissociation inférieures à la pression atmosphérique ou dans son voisinage. Engel et Moitessier (3), qui ont repris plus tard quelques-unes de ces déterminations, ont retrouvé les valeurs de Naumann, elles sont un peu inférieures à celles d'Isambert. Hortsmann (4) avait déjà d'ailleurs vérifié l'exactitude des chiffres de Naumann.

Comme nous avions besoin de préciser ces données en vue de recherches ultérieures, nous nous sommes proposé d'effectuer quelques mesures à des températures où la pression atteint plusieurs atmosphères. Les valeurs obtenues se relient d'une façon remarquable à celles de Naumann, nous ne considérerons donc que ces dernières :

t.	P.	*t*.	P.	*t*.	P.
o	mm	o	mm	o	mm
—15	2,6	6	22,0	40	248
— 5	7,5	10	29,8	50	470
0	12,4	20	62,0	55	600
2	15,7	30	124,0	60	770

En utilisant les valeurs obtenues à 0°, 30° et 60° pour déterminer les

(1) Naumann, *Ann. der Chem. u. Pharm.*, t. 160, 1871, p. 15.
(2) Isambert, *Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 731.
(3) Engel et Moitessier, *Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 595 et 899.
(4) Hortsmann, *Berichte*, 1876, p. 1625, et *Ann. Chem. Pharm.*, t. 187, 12 mai 1877.

coefficients de l'équation d'équilibre, nous avons trouvé

$$\log p = \frac{-3.635}{T} - 7{,}045 \log T + 28{,}692, \tag{1}$$

p étant exprimé en prenant comme unité la pression atmosphérique.

Une deuxième formule a été calculée à partir des pressions mesurées aux températures $-15°$, $10°$ et $50°$:

$$\log p = \frac{-4.821}{T} - 15{,}4 \log T + 53{,}3586. \tag{2}$$

Le carbamate utilisé dans nos essais a été préparé par l'action réciproque des gaz carbonique et ammoniac desséchés. Les produits résultant de deux préparations distinctes nous ont donné à l'analyse les pourcentages suivants en azote :

	Calculé.	Trouvé I.	Trouvé II.
N.................	35,89	35,82	35,75 et 35,62

Pour mesurer la pression de dissociation, le carbamate est placé dans un récipient en verre cylindrique vertical, fermé à sa partie supérieure et prolongé à sa partie inférieure par un tube trois fois recourbé se terminant par une partie horizontale formant un manomètre à air comprimé; le carbamate repose sur le mercure qui va du fond du récipient jusqu'à la branche manométrique horizontale.

La pression est déterminée, en fin d'expérience, par une étude des volumes d'air contenus dans le manomètre au début et à l'équilibre, étude faite par des remplissages du mercure et des pesées.

Voici les conditions d'une expérience effectuée à 81° :

Temps.	Température du bain.	Division du manomètre.
h m 2.00.....................	65°	(fermeture du récipient)
4.00.....................	80	43
4.30.....................	81	44,1
5.00.....................	81	44,3
5.30.....................	81	44,55
6.30.....................	81	44,6
7.30.....................	81	44,6

L'extrémité du manomètre à air est d'abord fermée à la température de 14° et sous la pression de 756mm; le mercure dans le manomètre occupe alors la division o. On soude ensuite l'extrémité du récipient contenant le

carbamate après avoir dissocié à 65° une petite quantité de produit pour balayer l'air.

Les poids de mercure occupant les volumes de l'air du manomètre aux divisions 0 et 44,6 sont de $21^g,683$ et $6^g,998$. On en déduit que la pression à l'équilibre était de $3^{atm},08$.

Les formules de l'équilibre (1) et (2) permettent de calculer, à 81°, les pressions de $2^{atm},92$ et $3^{atm},05$.

Une deuxième mesure effectuée à 93° nous a donné rapidement l'équilibre.

Temps.	Température du bain.	Division du manomètre.
h m	°	
3.00	64	(fermeture du récipient)
3.40	90	39,4
3.55	93	42,0
5.00	93	42,1
6.15	93	42,1
6.45	93	42,1

La pression d'équilibre a été trouvée égale à $5^{atm},07$, les formules (1) et (2) donnent respectivement, à 93°, $4^{atm},91$ et $5^{atm},11$.

La concordance entre les pressions mesurées et calculées est parfaite.

Nous avons calculé, à partir des deux formules de l'équilibre, la chaleur de réaction, à la température ordinaire, rapportée à la molécule de carbamate; nous avons obtenu $-37^{cal},2$ et $-38^{cal},4$ donnant une moyenne de $-37^{cal},8$.

L'un de nous [1] qui a déterminé autrefois cette même chaleur, par l'expérience, a trouvé $-39^{cal},0$ à pression constante, soit $37^{cal},5$ à volume constant.

La valeur expérimentale s'accorde donc parfaitement avec les valeurs calculées

$$CO^2\,2NH^3_{sol} = CO^2_{gaz} + 2NH^3_{gaz} - 39^{cal},0 \text{ à pression constante.}$$

Nous pouvons maintenant utiliser en toute confiance les formules précédentes pour calculer, à toute température, la pression de dissociation.

Voici quelques-unes de ces valeurs :

Température	Pression
°C.	atm.
100	6,04
120	14,6
130	20,8
140	28,9
145	33,8
150	39,4

(1) C. MATIGNON, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 14, 1908, p. 26.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition phénylique dans la série tétrahydronaphtalénique.* Note de MM. **M. Tiffeneau** et **A. Orekhoff**, présentée par M. Haller.

La *transposition phénylique*, qui consiste en une migration du radical aromatique se produisant sans aucune nécessité structurale évidente (différence avec la transposition pinacolique), n'a jusqu'ici été réalisée qu'avec des composés aromatiques à chaîne ouverte.

Les deux cas les plus typiques sont représentés par les réactions suivantes, dans lesquelles la migration du radical aromatique (phényle, naphtyle, etc.) provoque deux phénomènes apparemment inverses : redressement d'une chaîne ramifiée, dans l'une, et, dans l'autre, transformation de la chaîne linéaire initiale en une chaîne ramifiée.

$$C^6H^5-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}}OH-CH^2I \xrightarrow{-HI} R-CO-CH^2-C^6H^5,$$

$$C^6H^5-CHOH-CHI-R \xrightarrow{-HI} CHO-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}}H-C^6H^5.$$

Il était intéressant de rechercher si la même transposition se produirait avec des dérivés dont la chaîne latérale, siège de la réaction, vient se fermer sur le noyau aromatique migrateur.

L'indène et l'α-dihydronaphtalène conviennent parfaitement pour l'étude de cette question; en effet, les iodhydrines obtenues par addition d'acide hypoiodeux à ces carbures ont des formules analogues à celles exposées ci-dessus.

CH OH
CH I
CH²

I. Iodhydrine du glycolhydrindénique (dérivée de l'indène).

CH OH
CH I
CH²
CH²

II. Iodhydrine du glycol tétrahydronaphtalénique (dérivée de l'α-dihydronaphtalène).

Il était à prévoir que sous l'influence du nitrate d'argent éliminateur de HI, il y aurait, comme dans les exemples connus, rupture entre la chaîne

latérale et le noyau aromatique (trait pointillé) puis migration de ce dernier vers l'atome de carbone privé de son halogène. On devrait ainsi obtenir, avec raccourcissement du cycle, les aldéhydes suivantes correspondant respectivement aux deux iodhydrines ci-dessus :

CH — CHO
CH^2

III. Aldéhyde inconnue.

CH — CHO
CH^2
CH^2

IV. Aldéhyde α-hydrindènecarbonique.

L'expérience a montré que, seule, l'iodhydrine (II) dérivée de l'αβ-dihydronaphtaline conduit à l'aldéhyde prévue (IV); par contre, avec l'iodhydrine (I) dérivée de l'indène, il ne se fait aucun dérivé aldéhydique : il n'y a pas transposition. Cette exception n'était pas tout à fait inattendue; en effet, parmi les composés aromatiques à noyaux condensés, on ne connaît pas de dérivés dont le cycle latéral soit en C^4, et il paraît peu vraisemblable que la formation de tels cycles soit possible.

Quant à l'iodhydrine du ββ-glycol tétrahydronaphtalénique, isomère de l'iodhydrine αβ (II), nous avons constaté que sous l'action du nitrate d'argent, elle ne donne pas lieu à transposition; c'est là un fait analogue à ce qui se passe avec les iodhydrines de structure identique dérivées de l'estragol et du safrol (1).

1. *Iodhydrine de l'hydrindène glycol; action du nitrate d'argent.* — Cette iodhydrine, obtenue par action de HgO et I sur l'indène en solution éthérée, cristallise par évaporation du solvant (F. 120°). Cette solution, agitée avec une solution aqueuse concentrée de NO^3Ag, réagit énergiquement avec formation d'iodonitrate d'argent; toutefois la liqueur n'est pas très acide; il n'y a donc pas eu élimination de HI mais surtout double réaction avec formation d'éther mononitrique de l'hydrindène glycol, liquide huileux non distillable. Celui-ci, saponifié, fournit le glycol correspondant (F. 157°-158°) décrit par Weissgerber (2). A côté de cet éther nitrique, principal produit de la réaction, on observe la formation d'un produit iodé (F. 108°-109°) provenant probablement de l'élimination de HI entre deux molécules d'iodhydrine.

2. *Iodhydrine du glycol tétrahydronaphtalénique* αβ (II); *action du nitrate d'argent.* — L'αβ-tétrahydronaphtalène fixe IOH en donnant une iodhydrine solide (II) qu'on fait recristalliser dans l'éther (F. 126°). Celle-ci, traitée en solution éthérée par NO^3Ag, donne lieu à deux réactions : l'une, par double échange, conduit

(1) J. Bougault, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, t. 25, p. 497.
(2) Weissgerber, *D. chem. Ges.*, t. 44, 1911, p. 1444.

à l'éther nitrique du glycol αβ-tétrahydronaphtalénique qui, saponifié, fournit le glycol fusible à 112°; l'autre consiste en une élimination de HI avec transposition et production d'une aldéhyde (IV) qu'on isole par sa combinaison bisulfitique. Cette aldéhyde bout à 135° sous 30mm, $D_0 = 1,095$; semicarbazone F. 167°; oxime F. 104°. L'oxydation par l'oxyde d'argent alcalin fournit l'acide α-hydrindènecarbonique (F. 59°-60°). Pour l'identifier, nous avons hydrogéné par HgNa l'acide α-indènecarbonique préparé d'après Courtot (¹). Quant à l'acide isomère, le β-hydrindènecarbonique, il est connu et fond à 130° (²).

3. *Iodhydrine du glycoltétrahydronaphtalénique* ββ; *action du nitrate d'argent.* — Cette iodhydrine (F. 120°) a été déjà obtenue par Leroux (³). Le nitrate d'argent la transforme par double réaction en éther nitrique correspondant qui, entraîné à la vapeur d'eau en milieu alcalin, fournit un produit entraînable, l'oxyde de ββ-dihydronaphtalène (F. 43°) et le glycol correspondant non entraînable (F. 135°), tous deux déja décrits par Bamberger (⁴).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Chénopodiacées. Développement de l'embryon chez le* Chenopodium Bonus-Henricus *L.* Note de M. **R. Souèges**, présentée par M. Guignard.

La cellule-œuf du *Chenopodium Bonus-Henricus* se cloisonne transversalement; la cellule basale (*fig.* 1, *cb*), et la cellule apicale (*ca*) du proembryon bicellulaire se segmentent elles-mêmes transversalement, la première un peu avant la seconde. La tétrade se trouve donc constituée de quatre cellules superposées (*fig.* 2, *l*, *l'*, *m*, *ci*), et diffère ainsi essentiellement, par la disposition de ses éléments, de la tétrade que l'on rencontre chez la plupart des Monocotylédones (*Anthericum*, *Sagittaria*) et des Dicotylédones (*Myosurus*, *Capsella*, *Polygonum*). La cellule *l* donne naissance à la partie cotylée, la cellule *l'* à la moitié supérieure de l'axe hypocotylé, la cellule *m* à la moitié inférieure de ce même axe et la cellule inférieure *ci* engendre l'hypophyse et le suspenseur proprement dit.

Le proembryon octocellulaire se forme par bipartition de ces quatre cellules : la cellule inférieure se segmentant transversalement, les trois autres verticalement (*fig.* 3). De même, le proembryon à seize cellules résulte de la division de chacun de ces huit nouveaux éléments : les deux

(¹) Courtot, *Ann. Chimie*, 9e série, t. 4, 1915, p. 76.
(²) Perkin, *Journ. chemical Society*, t. 53, p. 8; t. 65, p. 233.
(³) *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, t. 21, 1910, p. 507.
(⁴) *Liebig's Annalen*, t. 188, p. 74.

cellules inférieures *n* et *n'* se cloisonnent transversalement pour donner naissance à quatre cellules disposées les unes au-dessus des autres (*fig.* 4, *h*, *k*, *o* et *p*), les six autres éléments se segmentent verticalement pour engendrer trois groupes superposés de quatre cellules circumaxiales.

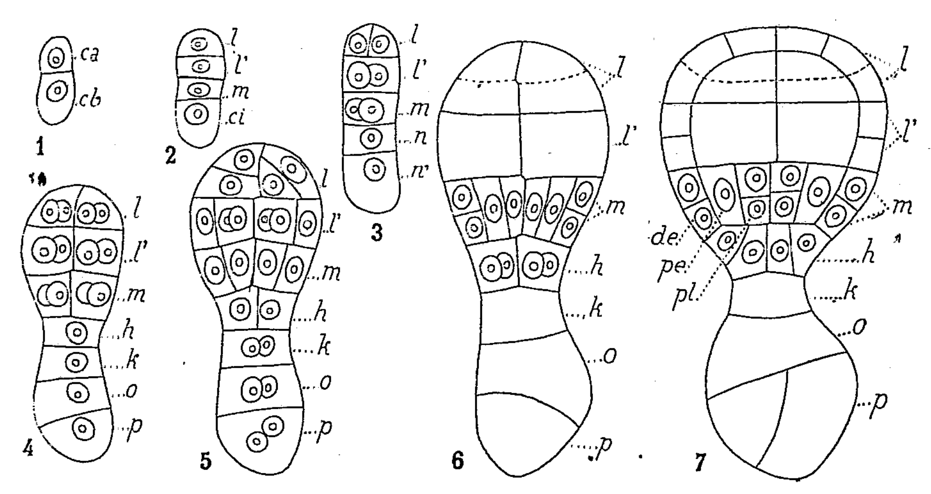


Fig. 1 à 7. — *Chenopodium Bonus-Henricus* L. — Figures schématiques montrant les principales étapes du développement de l'embryon : *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *l*, *l'*, *m* et *ci*, les quatre cellules superposées de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *h* et *k*, cellules-filles de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *l*, *l'*, *m*, *h*, *k*, *o* et *p* représentent les sept étages du proembryon; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome.

Le proembryon se trouve ainsi partagé en sept étages. A ce même stade, on en distingue seulement six chez les Polygonacées (1), parce que la cellule *n*, au lieu de se cloisonner transversalement, se segmente verticalement et donne naissance à deux cellules juxtaposées. Ce changement de direction dans la division de la cellule *n* entraîne une différence importante dans l'origine de l'hypophyse et du suspenseur. Chez les Polygonacées, la cellule *n* tout entière représente la cellule hypophysaire et les cellules *o* et *p* engendrent le suspenseur proprement dit; chez le *Chenopodium Bonus-Henricus*, c'est seulement la cellule-fille supérieure de *n* (*h*) qui donne l'hypophyse, la cellule-fille inférieure (*k*) contribuant, avec les cellules *o* et *p*, à la construction du suspenseur. Les destinées des autres étages proem-

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Polygonacées. Développement de l'embryon chez le* Polygonum Persicaria *L.* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 791); *Développement de l'embryon chez les* Rumex *et* Rheum (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 919).

bryonnaires, *l*, *l'* et *m*, sont les mêmes que celles qui ont été indiquées au sujet de la Persicaire.

Les phénomènes relatifs à la marche des segmentations dans chacun des éléments de ces trois étages supérieurs, à la différenciation des histogènes, à la genèse des initiales du périblème, au mode de formation de la coiffe et de l'assise calyptrogène, sont, dans leurs traits généraux, semblables à ceux qui ont été observés chez les Polygonacées (*fig.* 5, 6, 7).

Deux caractères embryogénétiques importants rapprochent, en somme, le *Chenopodium Bonus-Henricus* de cette dernière famille : 1° la participation de la cellule basale du proembryon bicellulaire à la construction de la région inférieure de l'axe hypocotylé; 2° la formation des initiales de l'écorce à l'extrémité radiculaire aux dépens des cellules de l'étage *m*. Par contre, l'embryon du *Chenopodium* diffère de celui des Polygonacées : 1° par le mode de construction de la tétrade, entraînant l'apparition très précoce des deux étages *l* et *l'*; 2° par l'origine de l'hypophyse qui se trouve être, chez le *Chenopodium*, la cellule-fille de la cellule hypophysaire des Polygonacées.

BOTANIQUE. — *Évolution du chondriome dans la formation du sporange chez les Fougères*. Note de M. L. Emberger, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans l'étude cytologique de la racine des Fougères ([1]), nous avons pu mettre en évidence l'existence de plusieurs variétés de mitochondries. Il était intéressant de connaître, à ce point de vue, l'évolution du chondriome dans le sporange.

Une coupe à travers un très jeune sporange (*Scolopendrium vulgare*, *Asplenium Ruta-muraria*), fixée et colorée par la méthode de Regaud, nous montre, dans un cytoplasme assez dense, des petits chloroplastes lenticulaires ou en bâtonnets remplis d'amidon, visibles à l'examen vital, de rares chondriocontes et des mitochondries granuleuses.

Quand les cellules-mères primordiales se formeront, les chloroplastes, se trouvant dans la cellule centrale, et les cellules de l'assise nourricière des futures spores, s'allongeront en perdant leur chlorophylle et leur amidon et se transformeront en chondriocontes assez épais, fixant très énergique-

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 282.

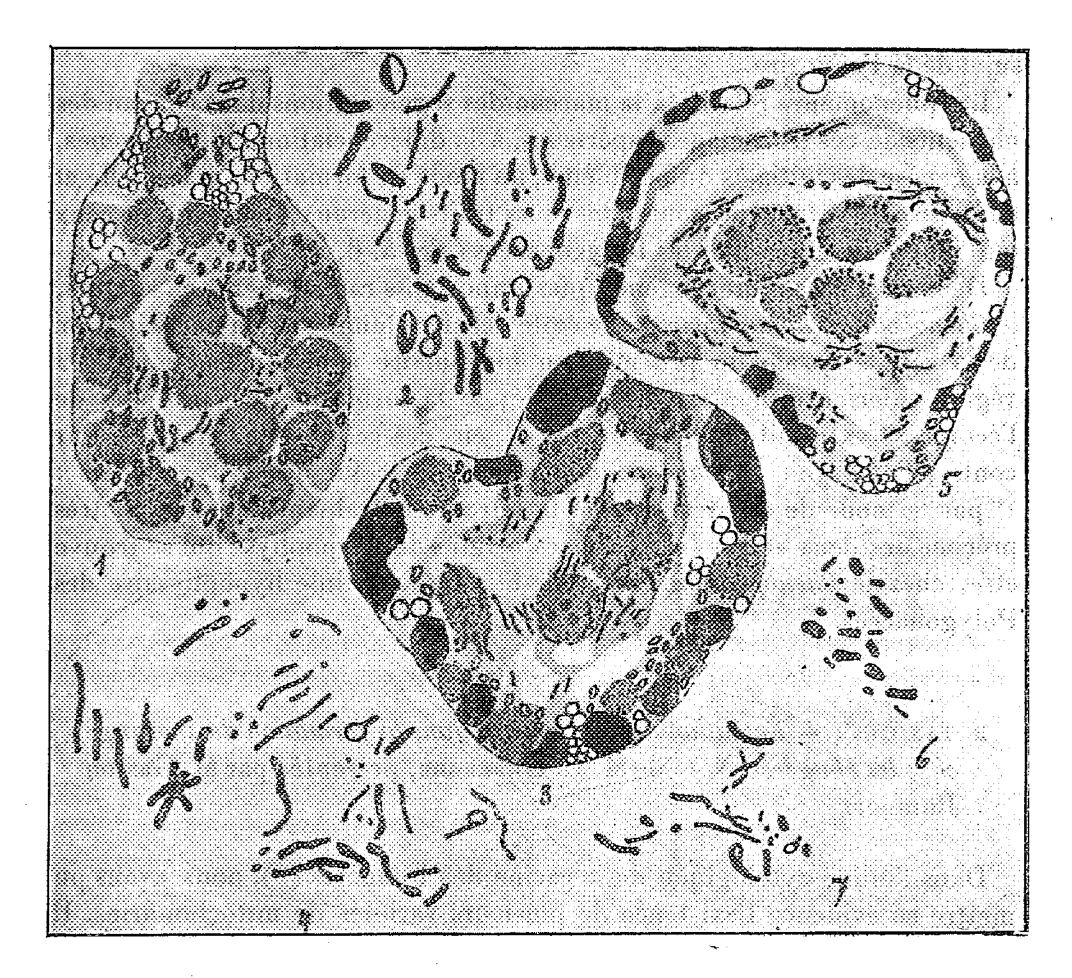


Fig. 1. Transformation des chloroplastes en chondriocontes au début du stade cellules mères primordiales. Grossi 900 fois. — Fig. 2. Détail du chondriome des cellules internes du sporange représenté dans la figure 1. On y voit des chloroplastes non transformés, d'autres en voie de devenir chondriocontes; des chloroplastes transformés et des mitochondries ordinaires. Grossi environ 2000 fois. — Fig. 3. Stade cellules-mères primordiales. Il y a des chloroplastes dans la future assise mécanique. Dans les cellules centrales, on constate, un mélange de chondriocontes dont une partie est constituée par des chloroplastes transformés, des bâtonnets et des chondriomites. Grossi 900 fois. — Fig. 4. Détail du chondriome, des cellules centrales de la figure 3, mettant en évidence les deux variétés de mitochondries : anciens chloroplastes et mitochondries ordinaire. Grossi 2000 fois. — Fig. 5. Stade cellules-mères. Chloroplastes dans l'assise mécanique. Les assises nourricières contiennent surtout des chondriocontes, tandis que, dans les cellules-mères ceux-ci se sont segmentés complètement. Grossi 900 fois. — Fig. 6. Détail du chondriome de l'assise nourricière. Les éléments un peu plus gros sont les anciens chloroplastes, les autres des mitochondries ordinaires. Grossi 2000 fois. — Fig. 7. Détail du chondriome de la cellule-mère. Les deux variétés sont visibles ; les anciens chloroplastes plus gros que les autres éléments qui sont des mitochondries ordinaires. Grossi 2000 fois.

ment l'hématoxyline ferrique. A côté de ces éléments, coexistent des chondriocontes grêles et un peu moins chromophiles, des bâtonnets et des chondriomites. La future assise mécanique conserve les chloroplastes remplis d'amidon.

Plus tard, dans les cellules-mères, nous assistons à une segmentation des éléments mitochondriaux, qui ont une tendance à se dissocier en grains. Ce phénomène, très peu prononcé dans les assises nourricières, où persistent des chondriocontes très nets, s'accentue dans la cellule-mère proprement dite, où le chondriome se présente exclusivement sous forme de grains et et de courts bâtonnets, éléments qui diffèrent entre eux par leur taille.

Bientôt, les cellules-mères se divisent à leur tour en quatre pour former les spores. A ce moment, le chondriome de l'assise nourricière devient également granuleux (*Pteris*). Les mitochondries sont de taille très légèrement différentes, les plus grosses résultant des anciens chloroplastes et les autres étant des mitochondries ordinaires. Ce chondriome est transmis à la spore, dans laquelle, lors de son gonflement précédant la germination, les plus gros de ses éléments donneront de nouveau les chroroplastes et les plus petits des mitochondries ordinaires, dont le rôle est encore inconnu.

A tous ces stades, on remarque donc les deux variétés de mitochondries, dont nous avons parlé lors de l'étude de la racine : des plastides, qui ont la même forme, les mêmes caractères histochimiques ordinaires et ne peuvent être considérés que comme des mitochondries et d'autres mitochondries qui ne prennent pas part à la formation de l'amidon et de la chlorophylle. Ces deux variétés se distinguent par des dimensions et une chromophilie un peu différentes.

Les chloroplastes persistent dans l'assise mécanique pendant toute l'évolution du sporange et ne disparaissent par résorption que lors de sa maturité.

Il est très intéressant de constater le cycle complet qu'accomplit un chloroplaste dans l'évolution du sporange qui met en évidence d'une façon très nette la *réversibilité mitochondriale*.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la généralité de l'asymétrie foliaire chez les Mousses*. Note de M. **Jacques Pottier**, présentée par M. Costantin.

Lorch ([1]) décrit, dans sa Monographie biologique des *Polytrichacées*,

([1]) Dr Wilhelm Lorch, *Die Polytrichcaeen. Eine biologische Monographie*

l'asymétrie foliaire du *Polytrichum* et l'explique par la même cause qu'Hofmeister indique pour les divergences foliaires différentes de $\frac{1}{3}$. Quoi qu'il en soit c'est un fait établi que les segments, détachés par l'initiale à trois pans (c'est le cas général) d'une tige de Mousse, se recouvrent en partie l'un l'autre et par suite les feuilles, qui prennent naissance sur ces segments, présentent un de leur côté gêné dans son développement par la feuille qui le recouvre immédiatement. Il est tout naturel que ce côté comprimé présente un développement moindre et une différenciation plus faible et plus tardive. Or, il est remarquable de constater que Lorch, dans ce travail sur les *Polytrichacées*, écrit (page 466) quelques lignes avant d'exposer l'asymétrie du *Polytrichum*, qu'il a été étonné de rencontrer celle-ci dans ce dernier genre. En effet, dans sa Thèse ([2]), il avait étudié le développement de diverses *Leucophanées* et principalement du *Leucobryum vulgare* Hampe, et avait été frappé par ce fait que la production des membranes de chaque côté de la médiane de la feuille était rigoureusement soumise aux lois de la symétrie. Or l'on sait que les feuilles de cette plante ne sont pas placées suivant trois rangées, le long de la tige. Lorch aurait donc dû être étonné que cette espèce ne présentât pas d'asymétrie dans le développement de sa feuille. Il n'en dit rien. Cette asymétrie existe également dans ce végétal et, par conséquent, il y a tout lieu de penser que l'asymétrie est bien générale dans la feuille des Mousses dont la divergence est différente de $\frac{1}{3}$.

J'ai coupé au microtome une pointe de tige de *Leucobryum vulgare* Hampe entourée de ses feuilles. Je représente dans ma figure 1 l'aspect d'ensemble du centre de la coupe passant par la pointe de la tige. Si l'on examine la feuille 5, par exemple, on voit que sa partie droite est la plus allongée (je suppose toujours l'observateur regardant une feuille par sa face ventrale et ayant sa tête placée du côté de la pointe de la feuille). Elle est aussi la plus différenciée, car on peut compter dans celle-ci 10 cellules centrales, futures cellules chlorophylliennes (*cd*, *fig.* 1) qui sont parvenues au stade hexagonal alors qu'à gauche du plan médian on ne voit que 6 futures cellules chlorophylliennes arrivées à ce stade (*dg*, *fig.* 1). La différenciation est donc bien plus précoce de ce côté droit. Si l'on examine la coupe de la même feuille pratiquée 15 micra plus haut (A, *fig.* 2), on voit

(*Abhandlungen der Mathematisch-Physikalischen Klasse der Königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften,* Band 23, Erste Abteilung, München, 1906, p. 448 à 546).

([2]) Dr Wilhelm Lorch, *Beiträge zur Anatomie und Biologie der Laubmoose* (*Inaugural Dissertation*, München, 1894).

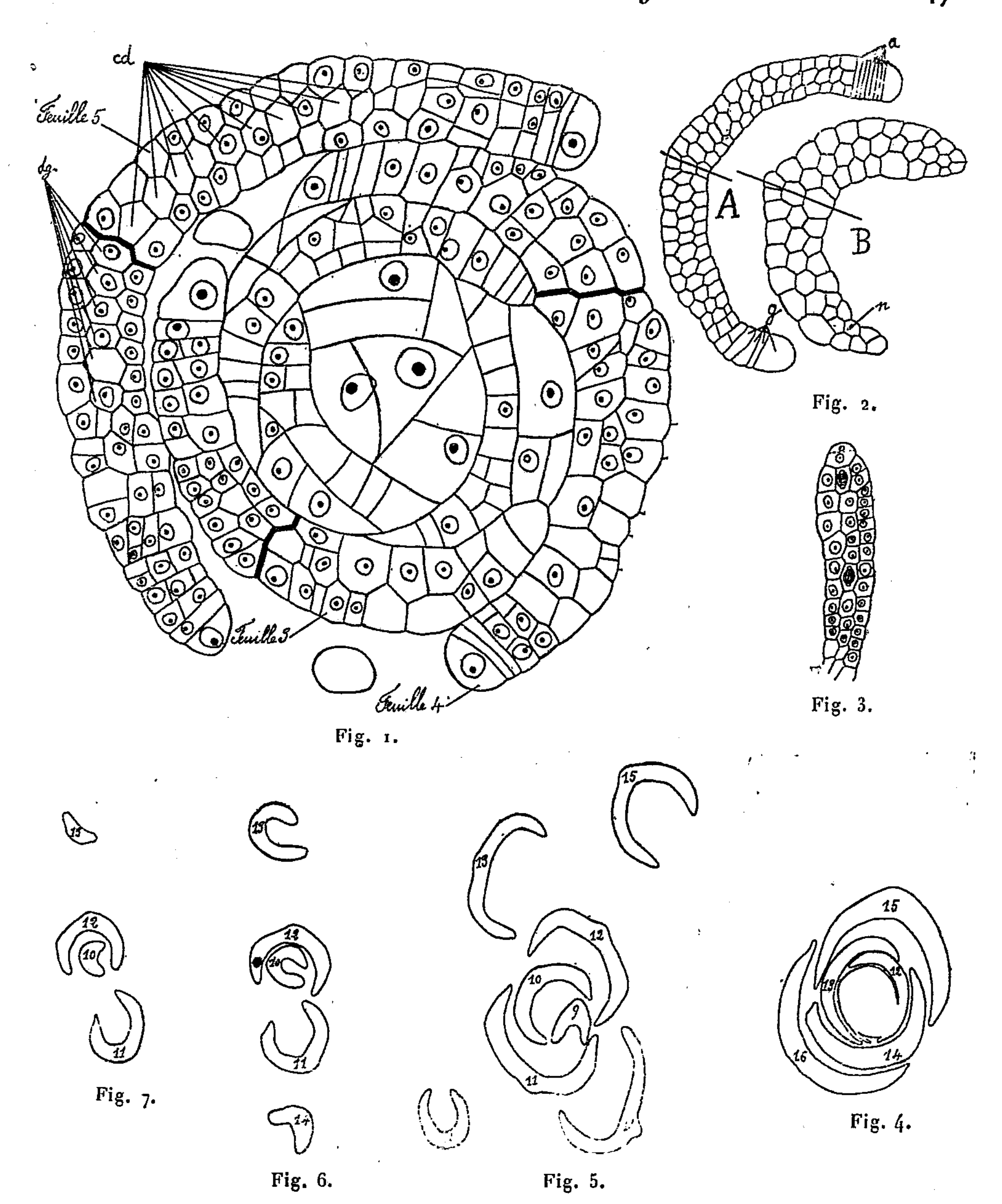


Fig. 1. Coupe transversale de tige de *Leucobryum vulgare* Hampe passant par la cellule initiale. Grossi 620 fois. — Fig. 2. Coupes de la feuille 5. Grossi 300 fois. — Fig. 3. Coupe longitudinale de jeune feuille de *Leucobryum vulgare* Hampe. Grossi 300 fois. — Fig. 4 à 7. Schémas montrant l'ensemble des coupes. (les numéros inscrits dans les coupes des feuilles indiquent leur âge, les plus jeunes ayant les numéros les moins élevés). Les figures de 4 à 7 se rapprochent de plus en plus de la pointe des feuilles. Grossi 52 fois.

qu'il y a 14 cellules chlorophylliennes à droite contre 12 à gauche et, de plus, le nombre des cellules indivises qui forment la lame foliaire est de 8 du côté droit (*d*, *fig.* 2) et de 4 du côté gauche (*g*, *fig.* 2). La multiplication cellulaire est donc bien plus active du côté droit. La figure 2 en B montre une coupe de la même feuille, située 90 micra plus haut que celle représentée en A de cette figure. On constate qu'il y a 9 cellules chlorophylliennes à droite et 8 seulement à gauche en comptant le nématogone *n*. Les feuilles 3 et 4 dans la figure 1 montrent un phénomène semblable. De plus, si l'on considère les schémas montrant l'ensemble des coupes au microtome (*fig.* 4 à 7), on voit que chaque feuille subit une torsion et que vers la pointe elle tourne le dos à la tige (remarquer spécialement la feuille 13). On comprend facilement que cette torsion a été amenée par le plus grand développement du côté droit de la feuille.

Enfin j'ai compté pour un certain nombre de feuilles le nombre de coupes pour lesquelles il y avait égalité du nombre des cellules vertes de chaque côté ou prédominance du côté droit ou du côté gauche. Pour la feuille n° 12 dont j'ai pu examiner à peu près toutes les coupes jusqu'à la base, j'ai observé 189 coupes où le nombre des cellules chlorophylliennes était plus élevé à droite; 70 où il était plus élevé à gauche et 151 où il y avait égalité. Pour la feuille 8 dont je n'ai examiné que la pointe, il y avait dans 107 coupes prédominance du côté droit, dans 15 celle du gauche et dans 21 égalité. Ce procédé de numération montre donc encore bien que le côté droit est le plus développé.

J'ai constaté également que le côté dorsal des feuilles du *Leucobryum* se multipliait au début plus activement que le côté ventral. C'est ce que montre la figure 3. Il y a 15 cellules qui forment le bord de cette coupe longitudinale du côté dorsal (à droite dans la figure), alors qu'il correspond 10 cellules à celles-ci du côté ventral. La couche moyenne est formée de 10 cellules dont 2 sont en voie de division, ce qui fera 12 cellules. Cette croissance du côté dorsal amène la feuille à se recourber ventralement et à couvrir le point végétatif de la tige.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution du système vacuolaire chez les Gymnospermes.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les caractères du système vacuolaire ou vacuome ont été donnés par P.-A. Dangeard chez les Champignons, les Algues et les Angiospermes; il

était intéressant d'étendre les résultats obtenus au groupe des Gymnospermes.

La méthode employée a été l'étude directe des organes vivants, aidée et complétée par l'emploi des colorations vitales. Les observations ont été faites du début de mars au mois de mai sur de jeunes feuilles de Mélèze, d'If et de Gingko. Dans les deux premiers genres, les observations d'une jeune feuille entière, même aux plus forts grossissements, ne présente pas de difficulté sérieuse; pour le Gingko, il est nécessaire de prélever un mince fragment du bord de la feuille. Dans ces conditions, nous avons observé surtout des cellules d'épiderme.

Lorsqu'il s'agit d'une feuille entière que l'on étudie dans l'eau ordinaire, l'action de l'eau ne se fait pas sentir immédiatement à travers l'épiderme intact; il n'y a donc pas nécessité d'employer une solution isotonique pour une observation de courte durée.

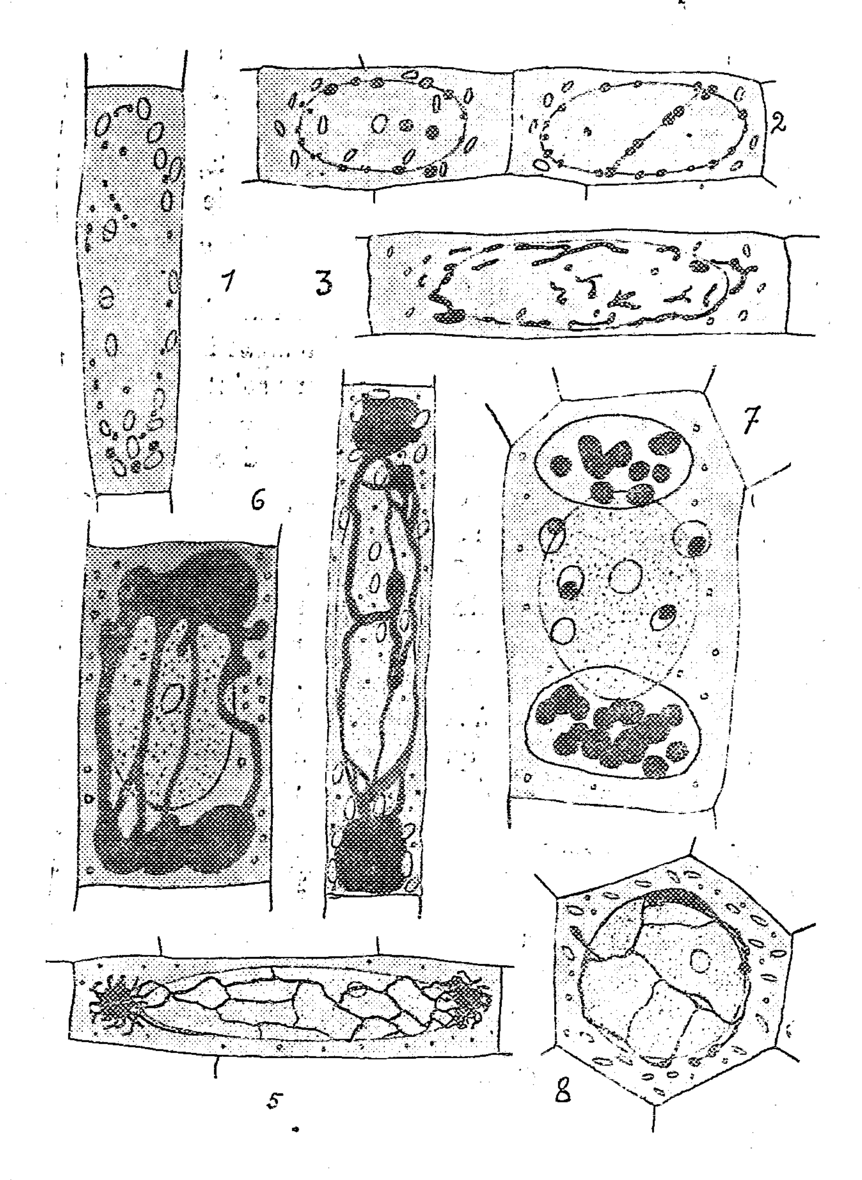
La plupart des aspects du vacuome que nous décrivons peuvent être reconnus sans colorant aucun, grâce à leur réfringence; cependant, dans les cellules les plus jeunes, le vacuome est peu visible sur le frais; si l'on ajoute une goutte de solution de bleu de crésyl, on voit au bout d'un certain temps le colorant pénétrer dans les cellules et donner lieu au phénomène de coloration vitale, c'est-à-dire que le bleu est fixé énergiquement par le vacuome à l'exclusion de toute autre partie de la cellule : ce n'est qu'après la mort de celle-ci que le noyau se colore à son tour.

Il est intéressant de constater que le colorant vital permet de reconnaître dans les cellules jeunes et d'attribuer avec certitude au vacuome des éléments très petits; ces corpuscules de métachromatine sont peu ou pas visibles sur le frais, mais sont reliés par toutes les transitions avec les grosses vacuoles.

Dans les feuilles les plus jeunes de Mélèze (*Larix europea*), le bleu est fixé sur des grains très petits qui paraissent semés dans le protoplasme (*fig.* 1), mais qu'un examen attentif montre en réalité disposés autour du noyau. Les figures 2 et 3 représentent des états plus évolués; la coloration se fixe sur des globules déjà assez gros appliqués à la surface du noyau ou sur des filaments très fins qui se renflent aux extrémités; ce dernier cas présente le début de la formation d'un réseau.

Il est à remarquer que des plastes incolores et réfringents s'observent en même temps. Plus tard (*fig.* 4), le vacuome est devenu une masse allongée, accumulée principalement aux deux pôles de la cellule et qui s'étire en filaments disposés en un réseau à la surface du noyau central. La

forme de cette masse est très changeante; on la voit varier en quelques minutes d'une façon appréciable sous l'influence des pressions internes.



A cet état de développement, le vacuome est comparable à une masse visqueuse, et il est très visible sans coloration grâce à sa forte réfringence.

Cette figure est intéressante parce qu'elle montre dans une même cellule

vivante les trois systèmes distingués par P.-A. Dangeard [1]. On reconnait aisément les plastes ovales, réfringents et jaunâtres; quant aux éléments du sphérome, ils sont extrêmement petits, très réfringents et se déplacent plus ou moins rapidement à l'intérieur du cytoplasme.

L'If (*Taxus baccata*) nous a donné des résultats analogues par la même méthode. La figure 5 montre une cellule épidermique allongée dans laquelle les deux systèmes du vacuome et du sphérome sont visibles. Le vacuome est un réseau très fin disposé autour du noyau, mais la polarité du système a suivi celle de la cellule et l'accumulation de la métachromatine, surtout aux deux extrémités, donne lieu à deux pelotons. Dans ses formes plus évoluées, le vacuome montre les aspects des figures 6 et 7; dans ce dernier exemple, on voit de grandes vacuoles dans lesquelles sont nés par précipitation de gros globules de métachromatine.

Le *Gingko biloba* nous a donné aussi quelques aspects absolument comparables (*fig.* 8).

En résumé, nous avons pu suivre l'évolution du vacuome chez quelques Gymnospermes et confirmer les idées de P.-A. Dangeard à ce sujet. La métachromatine existe dans les cellules jeunes sous forme de grains ou de globules très ténus qui plus tard s'accroissent, se gonflent, se soudent entre eux et se disposent en réseau autour du noyau; ce réseau se transforme ensuite en grosses vacuoles. La forme de ce système varie assez rapidement sous l'influence des mouvements et des pressions qui s'exercent au sein du cytoplasme.

Cet aspect rappelle celui qui a été décrit par Golgi sous le nom d'appareil réticulaire interne dans les cellules nerveuses, appareil dont on ignore encore la signification et le rôle; on peut le rapprocher également de formations réticulaires observées dans les cellules cartilagineuses sous le nom de réseau de Pensa et de réseau de Bergen; chez les Gymnospermes, ce réseau appartient incontestablement au vacuome.

Ce vacuome des Gymnospermes renferme en solution une substance épaisse et réfringente : cette substance se colore en noir par les sels de fer et par l'acide osmique; le bichromate de potasse la précipite en brun rougeâtre; elle semble donc voisine des tanins.

---

(1) P.-A. Dangeard, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

PHYSIOLOGIE. — *Création de vitamines dans l'intestin des lapins recevant une nourriture stérilisée à haute température.* Note de M. **P. Portier** et Mme **Lucie Randoin**, présentée par le Prince de Monaco.

On sait que les animaux recevant une nourriture stérilisée à haute température meurent bientôt avec un ensemble de symptômes auxquels on a donné le nom d'*avitaminose*.

Après beaucoup d'autres, nous avions vérifié ce fait sur de nombreux lapins, lorsque l'un d'eux nous offrit une exception remarquable. Il s'agissait d'un lapin de belle grosseur (3^{kg} environ) qui recevait depuis plus de trois mois une nourriture composée de choux, carottes et son hachés et portés pendant 1 heure à une température supérieure à 125° et qui, bien loin de présenter aucun phénomène d'avitaminose, continuait à augmenter de poids.

Nous cherchions l'explication de cette manière si insolite de se comporter, lorsque M. Lapicque appela notre attention sur la singulière habitude que présentait ce lapin de manger fréquemment ses déjections.

Les expériences relatées ici ont été entreprises dans le but d'établir si l'ingestion des déjections est vraiment capable de s'opposer aux accidents de l'avitaminose.

Dans toutes ces recherches, nous avons employé la méthode de stérilisation des aliments décrite par nous dans un travail précédent (1). Un thermomètre à maxima placé au milieu de la masse à stériliser pendant son séjour dans l'autoclave nous donnait toute certitude au sujet de la température atteinte.

Première série d'expériences. — Six lapins faisant partie d'une même portée et âgés d'environ 3 semaines sont répartis entre plusieurs lots.

A. Un premier lot composé de quatre individus est nourri avec le mélange indiqué de légumes hachés et de son porté à 125°-130° pendant environ 1 heure.

Ces lapins continuent à augmenter de poids pendant 7 jours environ, puis arrive une courte période stationnaire suivie de la phase d'amaigrissement, au cours de laquelle, vers le dixième jour, on voit éclater des crises convulsives et une paralysie du train postérieur. Finalement, les quatre lapins meurent avec les accidents classiques de l'avitaminose du onzième jour au dix-septième jour.

B. Un témoin reçoit la même nourriture que celle des quatre lapins précédents, mais ces aliments ne sont pas stérilisés. Il se maintient en bon état pendant plus de 100 jours; son poids croît progressivement et passe de 427^{g} à $2^{kg},080$. On le sacrifie en pleine santé le 28 juillet.

(1) *Comptes rendus Soc. Biol.*, t. 82, 1919, p. 990.

C. Enfin le sixième lapin reçoit le régime stérilisé à haute température, mais quand il arrive à la date à laquelle les accidents d'avitaminose doivent se manifester, on incorpore à ses aliments des déjections d'un lapin recevant lui-même un régime stérilisé. Pour cela, les crottes fraîches sont desséchées à 40°, broyées et incorporées à la nourriture préalablement stérilisée.

On donne d'abord cinq crottes par jour, puis on augmente peu à peu leur nombre jusqu'à dix.

Avec ce régime, le lapin reste en parfaite santé. Il est sacrifié au bout de 107 jours sans avoir cessé d'augmenter de poids. Sa croissance, bien que moins rapide que celle du témoin, est cependant encore très appréciable puisqu'il a plus que doublé son poids primitif, passant de 539^{g} à 1^{kg},170.

Deuxième série d'expériences. — Deux lapins de la même portée sont mis au régime stérilisé. L'un d'eux mange spontanément ses déjections. Au bout de 105 jours, on le sacrifie en pleine santé; son poids a passé de 1^{kg},010 à 2^{kg},065.

L'autre lapin ne mange pas ses déjections; il meurt au bout de 60 jours au milieu de convulsions. Son poids était de 855^{g} au début de l'expérience et de 1050^{g} à sa mort.

Ajoutons que le lapin adulte qui a été le point de départ de ces recherches a vécu pendant plus de huit mois avec un régime stérilisé sans présenter le moindre accident d'avitaminose; il n'a d'ailleurs pas cessé de manger ses déjections pendant tout ce temps. Il a été sacrifié en pleine santé le 30 juillet 1919; il pesait 3^{kg},520.

Expérience sur le pigeon. — Cinq pigeons sont mis le même jour au régime des graines stérilisées. Les quatre premiers meurent au bout de 16, 30, 33 et 33 jours, avec des diminutions de poids considérables.

Le cinquième pigeon au bout de 27 jours de régime est déjà très malade; son poids est tombé de 325^{g} à 222^{g}. A ce moment, on incorpore chaque jour à sa nourriture stérilisée six crottes d'un lapin recevant lui-même un régime stérilisé.

Aussitôt ce pigeon cesse de perdre du poids; son état s'améliore rapidement, et à tel point qu'au bout de 70 jours, il est en assez bonne santé pour supporter parfaitement une laparatomie destinée à aller chercher les organes génitaux.

Quelques jours après l'opération, on supprime les déjections de l'alimentation du pigeon; les accidents d'avitaminose reparaissent avec une grande intensité. On lui rend les déjections, une amélioration très nette se produit, mais elle n'est pas de longue durée, et l'oiseau meurt bientôt.

Il avait vécu 90 jours depuis sa mise au régime des graines stérilisées; donc trois fois plus de temps que les témoins, et il aurait certainement survécu bien plus longtemps si le régime des déjections avait été continué sans interruption.

Conclusion. — De ces expériences sur les Mammifères et les Oiseaux, il semble bien qu'on puisse conclure qu'il y a création de vitamines dans l'intestin d'un animal soumis à un régime dévitaminisé. Il nous semble très probable que ce sont les bactéries intestinales qui sont les agents d'édification de ces vitamines [1]. De ce point de vue, une contre-épreuve s'impose : voir

(1) Telle est l'interprétation de M. Lapicque.

si les déjections stérilisées perdent leur pouvoir de fournir des vitamines; des expériences en cours nous apporteront la réponse.

Nous avons, d'autre part, vérifié que l'addition d'urine aux aliments stérilisés ne s'oppose nullement à l'éclosion de la carence.

Cette création de vitamines par les bactéries doit être rapprochée d'actions analogues observées par Osborne et Mendel, et par Bierry et Portier ([1]) chez les animaux, par Bottomley chez les plantes.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Marcel Deprez* :

En première ligne . . . . M. **Augustin Mesnager**

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique. . . . . MM. **Auguste Boulanger**, **Prosper Charbonnier**, **Émile Jouguet**, **Henry Parenty**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures.

É. P.

([1]) *Vitamines et Symbiotes* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 963).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MARS 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE ET DES BEAUX-ARTS** adresse ampliation du Décret en date du 21 février 1920 qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **CIAMICIAN** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de *Lord Rayleigh*.

Il est donné lecture de ce Décret.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le nombre des classes de formes quadratiques positives d'Hermite, de discriminant donné, dans un corps quadratique imaginaire.* Note [1] de **M. G. HUMBERT.**

La présente Note se rapporte à une autre, publiée en 1919, au Tome 168, p. 1240, des *Comptes rendus*; j'y traiterai la question indiquée dans le titre, d'abord dans un cas particulier, puis dans un cas plus général.

1. Le cas particulier est celui de l'anneau $i\sqrt{3}$.

Partons de la formule qui donne [2], dans cet anneau, la mesure, $\mathfrak{M}(\Delta)$, des classes d'Hermite positives, primitives ou non, mais propres, de discriminant Δ, *impair et premier à* 3 :

$$\mathfrak{M}(\Delta) = \frac{3}{8}\left(\frac{-3}{\Delta}\right)\left[1 + \left(\frac{-\Delta}{3}\right)\frac{1}{3}\right]\sum d\left(\frac{-3}{d}\right), \tag{1}$$

la somme s'étendant à tous les diviseurs (positifs), d, de Δ.

---

[1] Séance du 9 février 1920.

[2] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 354.

On reconnaît aisément que le domaine fondamental du *groupe modulaire de l'anneau* est défini, dans le demi-espace ξ, η, τ de Poincaré, par

$$\tau \geqq 0; \quad \xi^2+\eta^2+\tau^2 \geqq 1; \quad -\frac{1}{2} \leqq \xi \leqq \frac{1}{2}; \quad -\frac{\sqrt{3}}{2} \leqq \eta \leqq \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Ce *pentaèdre*, $\mathfrak{D}$, outre un sommet à l'infini, en a quatre dans le plan $\tau = 0$.

On dira qu'une forme d'Hermite de l'anneau $i\sqrt{3}$ est *réduite* si son point représentatif appartient à $\mathfrak{D}$.

Les réduites qui admettent d'autres automorphies que les deux évidentes $x' = \varepsilon x$, $y' = \varepsilon y$, $(\varepsilon = \pm 1)$ ne peuvent être que celles dont le point représentatif est sur une arête *circulaire* de $\mathfrak{D}$, ou sur l'arc γ, section de la face sphérique $\xi^2 + \eta^2 + \tau^2 = 1$ par le plan $\xi = 0$. On voit de suite que pour une réduite (a, b, b_0, c), *propre* (a et c non pairs à la fois), le représentatif ne peut être sur une des arêtes circulaires; reste donc le cas où il serait sur γ. En posant $b = b_1 + i\sqrt{3}b_2$, on aurait alors $a = c$, $b_1 = 0$, $2|b_2| < a$; de plus, a est impair (forme *propre*).

Le nombre des réduites de discriminant Δ, ayant leur représentatif sur γ, est donc celui des solutions entières, a, b_2, de

(2) $$\Delta = a^2 - 3b_2^2, \text{ avec } a > 0 \text{ et impair}; \quad 2|b_2| < a.$$

Pour ces réduites, il y a *quatre* automorphies ($k = 4$), à savoir $x' = \varepsilon x$, $y' = \varepsilon y$ et $x' = \varepsilon y$, $y' = -\varepsilon x$, $(\varepsilon = \pm 1)$. Or il est facile d'obtenir le nombre des solutions de (2).

Dirichlet, en effet, dans son Analyse classique, a rencontré les solutions de

(3) $$\Delta = a^2 - 3b_2^2, \quad \text{avec} \quad a > 0, \quad b_2 \geqq 0, \quad 2b_2 < a.$$

En s'appuyant sur l'identité

$$a^2 - 3b_2^2 = (2a - 3b_2)^2 - 3(a - 2b_2)^2,$$

on voit que les solutions (3) où a est pair sont en même nombre que celles où a est impair; on en conclut facilement (même dans le cas où Δ est carré) que le nombre des solutions (2) est égal à celui des solutions (3), c'est-à-dire, d'après Dirichlet, à la somme $\sum \left(\frac{3}{d}\right)$, étendue aux diviseurs d, de Δ.

Dans tout cela on suppose Δ *premier à* 6.

2. *Expression de* $\mathcal{H}(\Delta)$. — De ce résultat et de l'expression (1) de $\mathfrak{M}(\Delta)$ $\left(\text{c'est-à-dire de } \sum \frac{1}{k}\right)$, on déduit immédiatement celle de $\mathcal{H}(\Delta)$, nombre

des classes d'Hermite (anneau $i\sqrt{3}$), primitives ou non, mais propres, de discriminant Δ, premier à 6,

$$(4)\qquad \mathcal{H}(\Delta)=\frac{3}{4}\left(\frac{-3}{\Delta}\right)\left[1+\left(\frac{-\Delta}{3}\right)\frac{1}{3}\right]\sum d\left(\frac{-3}{d}\right)+\frac{1}{2}\sum\left(\frac{3}{d}\right),$$

les Σ portant sur les diviseurs d, de Δ.

3. *Corollaire.* — En répétant mot pour mot les raisonnements faits au nº 4 de la Note de 1919 précitée, on déduit de là la formule suivante :

Soit $\Phi_h(\mathrm{N})$ le nombre des *réduites binaires et positives* (a, b_1, c) *de Gauss*, de discriminant N, primitives ou non, mais propres, pour lesquelles le *minimum* μ (c'est-à-dire le coefficient a) est $\geqq 2h$, en désignant par h un entier $\geqq 0$: si $\mu = 2h$, la réduite compte, dans $\Phi_h(\mathrm{N})$, non pour *une*, mais pour *une demi*-unité; on aura

$$(5)\qquad \Phi_0(\Delta)+2\Phi_1(\Delta+3.1^2)+\ldots+2\Phi_h(\Delta+3h^2)+\ldots=\mathcal{H}(\Delta),$$

Δ étant un entier positif quelconque, premier à 6, et $\mathcal{H}(\Delta)$ étant donné par (4).

Au premier membre de (5), h est limité naturellement, c'est-à-dire qu'à partir d'une certaine valeur de h, tous les $\Phi_h(\Delta+3h^2)$ sont nuls. Le résultat précis est ici moins simple que pour les corps $i\sqrt{2}$ et i (Note précitée), parce que $\mathfrak{D}$ a des sommets dans le plan $\tau = 0$. En discutant les relations

$$\Delta+3h^2=ac-b_1^2;\qquad c\geqq a;\qquad 2h\leqq a;\qquad 2|b_1|\leqq a,$$

on arrive, Δ étant impair, à l'inégalité $h\leqq\frac{1}{4}(\Delta+1)$, c'est-à-dire que si $4h$ dépasse $\Delta+1$, les $\Phi_h(\Delta+3h^2)$ sont tous nuls.

4. *Extension.* — Dans certains cas, on peut affirmer *a priori* que le nombre k des automorphies est *deux*, pour toutes les classes de discriminant Δ, dans le corps (ou l'anneau $i\sqrt{\mathrm{P}}$). Il est clair, en effet, que si, pour une forme, on a $k>2$, le représentatif est sur l'*axe* d'une substitution *elliptique* du groupe *modulaire* $i\sqrt{\mathrm{P}}$. Or, d'après M. Bianchi (1), ces substitutions elliptiques $|z,(\alpha z+\beta):(\gamma z+\delta)|$, où $\alpha\delta-\beta\gamma=1$, sont de deux espèces, répondant à $\alpha+\delta=0$ ou à $\alpha+\delta=\pm 1$.

(1) *Math. Annalen*, t. 40, 1892, p. 353.

Première espèce. — $\alpha+\delta=0$ et $\alpha^2+\beta\gamma=-1$. Les points doubles z_1 et z_2 sont, dans le plan $\tau=0$, les points $\frac{\alpha\pm i}{\gamma}$.

Les formes d'Hermite dont le représentatif est sur la demi-circonférence de diamètre $z_1 z_2$, orthogonale à $\tau=0$ (*axe* de la substitution), sont les formes φ :

$$\varphi=\lambda\mathfrak{N}[\gamma x-(\alpha+i)y]+\mu\mathfrak{N}[\gamma x-(\alpha-i)y],$$

le symbole $\mathfrak{N}$ désignant une *norme*, et λ, μ des constantes arbitraires.

Pour que φ soit une forme du *corps* ou de l'*anneau* $i\sqrt{P}$ [selon que $P\equiv 1$, 2 ou 3 (mod 4)], il faut et il suffit que $\lambda+\mu=q$, $\lambda-\mu=r\sqrt{P}$, q et r étant des entiers ordinaires, ou des fractions, telles alors que les coefficients de φ soient entiers du corps ou de l'anneau. On a ainsi

$$\varphi=\gamma\gamma_0 q x x_0-\gamma_0[\alpha q+ri\sqrt{P}]x_0 y-\gamma[\alpha_0 q-ri\sqrt{P}]x y_0$$
$$+[q(\alpha\alpha_0+1)-i(\alpha-\alpha_0)r\sqrt{P}]y y_0,$$

α_0 étant le conjugué de α, etc.

A cause de l'homogénéité en q et r, on a le droit de supposer q et r entiers (ordinaires) et premiers entre eux, sauf à multiplier φ par un entier ordinaire h. Exprimons alors que le discriminant de la forme $\varphi : h$ est Δ, c'est-à-dire que celui de φ est Δh^2, on a

$$\Delta h^2=\gamma\gamma_0(q^2-Pr^2). \tag{6}$$

Je dis que, par (6), Δ *est résidu quadratique de tout facteur premier impair* ϖ, de P, premier à Δ.

La proposition est évidente *si ϖ ne divise pas h*, car, en posant

$$\gamma=\gamma_1+i\sqrt{P}\gamma_2,$$

on a

$$\gamma\gamma_0\equiv\gamma_1^2 \bmod \varpi.$$

Si ϖ divise h, il résulte de (6) que ϖ divise $\gamma_1 q$; alors, en prenant (6) suivant le module ϖ^2, on voit que ϖ ne peut diviser q sans diviser γ_1; de là deux cas :

1° *ϖ divise γ_1 et non q.* — En mettant en évidence les plus hautes puissances de ϖ dans h, γ_1, γ_2, P ($h=\varpi^a h'$, ...) et divisant les deux membres de (6) par ϖ^{2a}, on obtient une équation qui donne de suite $\left(\frac{\Delta}{\varpi}\right)=+1$;

2° *ϖ divise γ_1 et q.* — On obtient de même une équation qui donne $\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)=1$.

Mais de $\alpha^2 + \beta\gamma = -1$, on déduit facilement $\left(\frac{-1}{\varpi}\right) = +1$, et, par suite, enfin, $\left(\frac{\Delta}{\varpi}\right) = +1$. C. Q. F. D.

Deuxième espèce. — $\alpha + \delta = \varepsilon$, $(\varepsilon = \pm 1)$; $\alpha(\varepsilon - \alpha) - \beta\gamma = 1$. Les points doubles z_1 et z_2 sont, dans $\tau = 0$, les points $\frac{2\alpha - \varepsilon \pm i\sqrt{3}}{2\gamma}$, et, pour les formes d'Hermite dont le représentatif est sur l'*axe* de la substitution, on a

$$\begin{aligned}\varphi = 2\gamma\gamma_0 q x x_0 &- \gamma_0[q(2\alpha - \varepsilon) + ri\sqrt{P}]\,x_0 y - \ldots \\ &+ \{q[2\alpha\alpha_0 - \varepsilon(\alpha + \alpha_0) + 2] - i\sqrt{P}(\alpha - \alpha_0)r\}\,y y_0,\end{aligned}$$

le terme en xy_0 étant le conjugué de celui en $x_0 y$.

Ici encore, q et r peuvent être regardés comme des entiers ordinaires, premiers entre eux.

Je dis que φ est de l'ordre impropre : les coefficients extrêmes étant évidemment pairs, il suffira de montrer que les coefficients moyens *ne sont pas* divisibles par 2. S'ils l'étaient, on en conclurait facilement que $\gamma_1^2 + P\gamma_2^2$ est pair, d'où $\gamma_1 \equiv P\gamma_2 \pmod 2$.

Mais de $\alpha(\varepsilon - \alpha) - \beta\gamma = 1$, on tire

$$P\alpha_2 - \beta_1\gamma_1 - P\beta_2\gamma_2 \equiv 1 \quad \text{et} \quad \alpha_2 - \beta_1\gamma_2 - \beta_2\gamma_1 \equiv 0 \pmod 2;$$

d'où, par suite,

$$P\alpha_2 - P\gamma_2(\beta_1 + \beta_2) \equiv 1 \quad \text{et} \quad \alpha_2 - \gamma_2(\beta_1 + P\beta_2) \equiv 0 \pmod 2,$$

congruences impossibles ou contradictoires, que P soit pair ou impair.

5. *Conclusion.* — Dans le corps ou l'anneau $i\sqrt{P}$ [selon que $P \equiv 1$, 2 ou 3 (mod 4)], une forme d'Hermite positive, primitive ou non, mais propre, de discriminant Δ, n'admet que deux automorphies ($k = 2$), *quand* Δ *n'est pas résidu quadratique de tous les facteurs premiers impairs de* P.

Si donc $\mathcal{H}(\Delta)$ est le nombre des classes d'Hermite positives, primitives ou non, mais propres, du corps ou de l'anneau $i\sqrt{P}$, de discriminant Δ, on a $\mathcal{H}(\Delta) = 2\mathfrak{M}(\Delta)$ et, d'après une Note précédente [1], si Δ n'a avec P aucun facteur premier impair (> 1) commun,

$$\mathcal{H}(\Delta) = \frac{P}{4}\prod_{\varpi}\left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right] \cdot \Sigma\, d\left(\frac{-P}{d'}\right),$$

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 354.

le produit portant sur les diviseurs premiers impairs (>1), ϖ, de P, et la somme sur les décompositions en facteurs $\Delta = dd'$, où d' est impair.

6. *Application*. — Soit $P = 5$. D'après M. Bianchi ([1]), une forme $(a,\ b_1 + ib_2\sqrt{5},\ b_1 - ib_2\sqrt{5},\ c)$ est *réduite* si $c \geqq a$; $2|b_1|, 2|b_2| \leqq a$; $a + c \geqq 5|b_2|$; $a + c \geqq |b_1| + 4|b_2|$.

En raisonnant comme dans la Note de 1919 précitée, on arrive à ce résultat.

Soit $\psi_h(N)$ le nombre de réduites positives binaires (a, b_1, c) de Gauss, de discriminant N, primitives ou non, mais propres, pour lesquelles on a à la fois

$$(7)\qquad a \geqq 2h, \quad a + c \geqq 5h, \quad a + c - |b_1| \geqq 4h,$$

h étant entier $\geqq 0$; si, dans les inégalités (7), il y a *un* signe $=$, la réduite (a, b_1, c) compte pour $\frac{1}{2}$ dans $\psi_h(N)$; si deux signes $=$, pour $\frac{1}{4}$; il ne peut y avoir trois signes $=$. On a alors, *Δ étant positif quelconque, premier à* 5 *et non résidu de* 5,

$$\psi_0(\Delta) + 2\psi_1(\Delta + 5.1^2) + \ldots + 2\psi_h(\Delta + 5h^2) + \ldots = \mathcal{H}(\Delta) = \Sigma d\left(\frac{-5}{d'}\right),$$

la somme Σ portant sur les décompositions $\Delta = dd'$, où d' est impair.

On aura une formule analogue *pour toute valeur de* P, dès qu'on connaîtra la définition correspondante des réduites.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un nouveau glucoside hydrolysable par l'émulsine : la scabiosine*. Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel**.

Ce glucoside a été retiré de la racine de Scabieuse Succise, *Scabiosa Succisa* L. (Dipsacées). La Scabieuse Succise, connue vulgairement sous les noms de *Mors-du-diable*, *Herbe-de-Saint-Joseph*, est une plante commune dans nos climats; elle croît surtout dans les prairies un peu humides à sol argilo-calcaire. Elle fleurit dans les mois d'août et de septembre et se fait remarquer alors par ses capitules hémisphériques à fleurs bleu-violacées.

La Scabieuse Succise a joui autrefois, comme la Scabieuse des champs (*Knautia arvensis* Coult.), d'une grande réputation en médecine, surtout en médecine populaire. On l'a employée à l'intérieur sous forme d'extrait dans les maladies du poumon et à l'extérieur sous forme de bains contre

([1]) *Math. Annalen*, t. 40, 1892, p. 398.

diverses maladies de la peau, en particulier contre la gale, ce qui lui a valu son nom (*Scabies* = gale).

Cette circonstance et le fait que les analyses chimiques n'avaient rien révélé jusqu'ici sur sa composition nous ont engagés à soumettre sa racine, qni est fortement amère, à l'essai biochimique par l'émulsine.

Rappelons brièvement le principe de cet essai :

On sait que les glucosides hydrolysables par l'émulsine sont lévogyres et ne réduisent pas ou réduisent à peine la liqueur cupro-potassique. Si donc, ayant ajouté de l'émulsine à l'extrait aqueux liquide d'une plante, on constate que, sous l'influence du ferment, il se produit un déplacement de la rotation du mélange vers la droite en même temps que le pouvoir réducteur de ce mélange augmente, on peut en conclure que la plante renferme un glucoside qui s'est trouvé hydrolysé avec formation de glucose réducteur et dextrogyre.

On a donc pesé 200g de racines fraîches de scabieuse que l'on a découpées en les projetant au fur et à mesure dans de l'alcool à 85° préalablement porté à l'ébullition, ce qui amène la destruction immédiate des ferments qu'elles contiennent. On a continué l'ébullition pendant une demi-heure; on a séparé la solution alcoolique, exprimé le marc et repris celui-ci par de nouvel alcool bouillant. On a réuni les solutions; on les a distillées à fond sous pression réduite, puis on a repris le résidu par de l'eau thymolée en quantité suffisante pour faire 200cm³ de liqueur.

On a pris la rotation de celle-ci et déterminé son pouvoir réducteur; on l'a traitée ensuite successivement par de l'invertine et de l'émulsine conformément aux règles de la méthode. On a obtenu les résultats suivants :

1° *Examen de la liqueur thymolée primitive.*

Rotation initiale ($l = 2$)	—1°17′
Sucre réducteur initial pour 100cm³	0g,463

2° *Traitement par l'invertine.*

Rotation après action de l'invertine ($l = 2$)	—3°36′
Déplacement à gauche de la rotation	2°19′
Sucre réducteur pour 100cm³ après action de l'invertine	2g,460
Sucre réducteur formé sous l'action de l'invertine	1g,997

L'action de l'invertine montre que la racine de scabieuse renferme du sucre de canne libre ou combiné. Dans le premier cas, et en admettant que la totalité du sucre réducteur formé soit du sucre interverti, la proportion de sucre de canne serait de 1g,997 × 0,95 ou 1g,897 pour 100g de racine.

3° *Traitement par l'émulsine.*

Rotation après action de l'émulsine ($l = 2$)	$-17'$
Déplacement à droite de la rotation	$3°19'$
Sucre réducteur pour 100^{cm^3} après action de l'émulsine	$3^g,192$
Sucre réducteur formé sous l'action de l'émulsine	$0^g,732$

L'action de l'émulsine montre que la racine fraîche de scabieuse renferme un glucoside hydrolysable par ce ferment, et cela dans une proportion assez élevée, car ce glucoside donne, pour 100^g de racine, $0^g,732$ de glucose.

La présence d'un glucoside dédoublable par l'émulsine étant établie, on a cherché à l'isoler en opérant sur 1060^g de racines fraîches, qui ont été traitées par l'alcool bouillant, en opérant comme dans l'essai préliminaire.

La solution alcoolique obtenue a été distillée, puis concentrée sous pression réduite jusqu'à 180^g. A ce liquide on a ajouté 800^{cm^3} d'alcool à 95°, ce qui a déterminé la formation d'un abondant précipité floconneux, qui a été éliminé par filtration. La liqueur séparée a été distillée pour en retirer l'alcool, puis évaporée à sec sous pression réduite, ce qui a fourni un extrait pesant 74^g.

On a traité cet extrait à trois reprises différentes par 500^{cm^3} d'acétone bouillant. L'examen polarimétrique des trois solutions acétoniques, effectué après 24 heures de repos, a donné les résultats suivants pour $l = 2$:

	Rotation.
Premier traitement	$-2°56'$
Deuxième traitement	$-\ \ 48$
Troisième traitement	$-\ \ 24$

L'extrait paraissant ainsi à peu près épuisé, quant au principe lévogyre qu'il contenait, on l'a mis de côté et l'on a abandonné les trois solutions acétoniques à la température du laboratoire pendant quelques jours.

Les solutions 1 et 2 n'ont pas tardé à laisser déposer des cristaux incolores qu'on a recueillis. Ils pesaient, après dessiccation à l'air, $0^g,40$; ils brûlaient sans résidu et possédaient un pouvoir rotatoire $\alpha_D = +65°,46$

$$p = 0,3055; \quad v = 15; \quad l = 2; \quad \alpha = +2°40'.$$

La solution aqueuse de ces cristaux, qui ne réduisait pas la liqueur cupro-potassique, a été additionnée d'invertine. En 3 jours, la rotation a passé de $+2°40'$ à $-50'$: soit un déplacement à gauche de $210'$, et il s'est fait, pour 100^{cm^3}, $2^g,1124$ de sucre réducteur, ce qui correspond à un indice de 603 (indice théorique du sucre de canne).

Quant à l'extrait en grande partie épuisé par l'acétone, et qu'on avait mis de côté, il s'est pris au bout de quelque temps en une masse de cristaux. On l'a additionné d'une petite quantité d'alcool méthylique qui a dissous la matière imprégnant les cristaux, de sorte que ceux-ci ont été facilement séparés et essorés. On les a lavés à l'alcool méthylique et on les a fait sécher à l'air. Il y en avait 13g environ. On les a purifiés par dissolution dans de l'alcool à 90° bouillant. Comme les précédents, ils présentaient le pouvoir rotatoire du saccharose ($\alpha_D = + 66°,3$); ils étaient hydrolysés par l'invertine et la réduction du liquide d'hydrolyse conduisait à l'indice théorique du saccharose.

Les trois liquides acétoniques ont été rassemblés et distillés à sec. Le résidu pesait 19g. On a repris ce résidu par de l'eau, de façon à faire 250cm³. On a obtenu un liquide légèrement trouble que l'on a filtré et examiné au polarimètre; il accusait au tube de 2dm une rotation de $-7°36'$, ce qui correspond pour les 19g à un pouvoir rotatoire de $-50°$ environ.

Dans le but d'éliminer les matières étrangères accompagnant le glucoside dans les 250cm³ de solution aqueuse, c'est-à-dire de produire une sorte d'enrichissement analogue à celui que l'on effectue pour certains minerais dans la métallurgie, on a procédé aux opérations suivantes qui ont été suivies au polarimètre :

1° A la solution, on a ajouté 32cm³ d'extrait de Saturne (un léger excès); on a filtré, éliminé le plomb en excès par un courant d'hydrogène sulfuré, filtré de nouveau et distillé à sec à $+40°$, sous pression réduite, le liquide ainsi déféqué. Le résidu pesait 9g et son pouvoir rotatoire était de $-75°,8$.

2° On a traité ce résidu à l'ébullition par un mélange d'acétone 20cm³ et d'alcool absolu 20cm³. A la solution, on a ajouté de l'acétone jusqu'à formation d'un louche persistant (17cm³), puis, aucune cristallisation ne s'étant produite, 40cm³ de nouvel acétone et enfin 100cm³ de chloroforme.

Laissant de côté le précipité provenant de ces additions successives, on a évaporé à sec la solution dans alcool-acétone-chloroforme, ce qui a fourni un résidu pesant environ 1g,85 et dont le pouvoir rotatoire en solution aqueuse était $-96°,6$.

3° On a dissous ce produit dans l'eau froide, filtré pour éliminer quelques particules résineuses non dissoutes et évaporé la solution à sec sous pression réduite.

On a traité le nouveau résidu à trois reprises différentes, à l'ébullition, par 50cm³ d'éther acétique anhydre et l'on a conservé les trois solutions à la

température du laboratoire pendant une dizaine de jours. Aucune cristallisation ne s'étant produite, on les a réunies et distillées, ce qui a fourni un produit blanc, transparent, que nous considérons comme étant le glucoside presque pur.

Ce glucoside, que nous appelons *scabiosine*, présentait comme pouvoir rotatoire : $\alpha_D = -106°,52$

$$p = 0^g,2472; \quad v = 10^{cm^3}; \quad l = 2; \quad \alpha = -5°16' \text{ ou } -5°,266.$$

Sa solution aqueuse réduisait à peine la liqueur cupro-potassique, réduction qu'il faut rapporter sans doute à quelques traces d'impuretés.

Traité par l'émulsine ou par l'acide sulfurique dilué à 3 pour 100 et chaud, ce glucoside est hydrolysé comme l'établissent les expériences suivantes :

Hydrolyse par l'émulsine. — A 10^{cm^3} d'une solution aqueuse renfermant $1^g,7053$ de scabiosine pour 100^{cm^3} et accusant, pour $l = 2$, une rotation de $-3°38'$, on a ajouté $0^g,10$ d'émulsine, puis on a maintenu le mélange dans une étuve réglée à $+33°$ pendant trois jours. Le liquide a jauni et il s'est déposé un précipité jaune paille assez abondant qui, au microscope, se présentait sous la forme de petits globules sphériques rassemblés en amas.

On a déféqué par addition de 2^{cm^3} d'extrait de Saturne au demi puis de 1^{cm^3} de solution aqueuse saturée de sulfate de soude. On a filtré, après quoi, on a pris la rotation du liquide et dosé comme glucose le sucre réducteur qu'il contenait. Les résultats rapportés au volume du liquide primitif sont les suivants :

Rotation ($l = 2$)................	$+27'$ (= un déplacement de $4°5'$)
Sucre réducteur pour 100^{cm^3}......	$0^g,7762$

ce qui donne comme indice de réduction enzymolytique : $\frac{0,7762 \times 60}{245} = 190.$

Hydrolyse par l'acide sulfurique dilué. — A 5^{cm^3} d'une solution de scabiosine à $2^g,472$ pour 100^{cm^3}, on a ajouté 5^{cm^3} d'acide sulfurique à 6 pour 100 et l'on a chauffé le mélange en tube scellé, dans un autoclave, à $+105°$ pendant 2 heures. Comme dans l'essai précédent, le liquide a jauni en même temps qu'il s'est fait un précipité; mais ce précipité était plus foncé, ce qui doit tenir à l'action de l'acide à chaud.

La rotation avait passé de $-2°38'$ à $+26'$, ce qui représente un déplacement de $3°4'$. En même temps, il s'était fait $0^g,5919$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3}, ce qui correspond à un indice de 193.

En résumé, la Scabieuse Succise renferme, outre du saccharose qui a été séparé à l'état cristallisé, un glucoside, la scabiosine hydrolysable par l'émulsine avec formation de glucose et d'un produit jaunâtre insoluble dans l'eau.

MÉCANIQUE. — *Sur l'altitude de vol qui correspond au minimum de consommation kilométrique, et sur le calcul de la meilleure hélice pour un avion donné.* Note de M. **A. Rateau**.

La théorie des avions résumée dans mes Communications de juin-juillet 1919 et du 9 février 1920 et les formules générales indiquées permettent de résoudre, avec toute la précision possible dans ce sujet complexe, les divers problèmes qui se posent. J'en ai donné plusieurs exemples; en voici deux autres relatifs à des questions importantes.

1° Un avion-moteur-hélice étant déterminé, à quelle altitude faut-il voler pour que la consommation d'essence et d'huile soit minimum? On pense communément que c'est au plafond. Je vais montrer que, à cause des résistances passives du moteur, le minimum se produit à quelque 150^{m} au-dessous, et que la variation est inférieure à 1 pour 100 dans une marge d'altitude d'environ 400^{m}.

2° Un avion et son moteur étant spécifiés, quelle hélice, *de pas invariable*, satisfait le mieux aux vols horizontaux ou aux montées? Les solutions sont différentes suivant que l'hélice est fixée sur l'arbre du moteur ou entraînée par un engrenage réducteur de vitesse.

Consommation minimum. — Appelons K la dépense d'essence et d'huile, en kilogrammes par kilomètre de vol. D'après les relations (10) et (16) de ma Note du 9 février (t. 170, p. 364),

$$K = \frac{270}{M} E_0 P \frac{X}{\rho Y} \frac{\varpi(\varpi_0 - \upsilon)}{\varpi_0(\varpi - \upsilon)}. \tag{1}$$

D'autre part, équation (14) de ladite Note,

$$\varpi - \upsilon = \Phi \frac{H}{2\pi A'} P, \qquad \text{où} \qquad \Phi = \psi \frac{X}{Y} = \frac{1-\sigma}{\rho} \frac{X}{Y}. \tag{2}$$

Éliminons ϖ entre (1) et (2); la relation suivante résout le problème :

$$K = \frac{270}{M} E_0 P \frac{\left(1 - \frac{\upsilon}{\varpi_0}\right)\Phi + \frac{\upsilon}{\varpi_0}\Phi_0}{1-\sigma}. \tag{3}$$

Considérons l'avion type, déjà pris pour exemple, pesant 1700^{kg}, et supposons $E_0 = 0,270$, $\varpi = 1,22$, $\frac{\upsilon}{\varpi_0} = 0,1$, chiffre rond un peu plus élevé que celui des très bons moteurs. On a σ et ψ, pour diverses incidences, dans le Tableau (t. 169, p. 158); les poids spécifiques ϖ de l'air se calculent par la formule (2) ci-dessus, et les altitudes Z par (27) (t. 168, p. 1249). Voici les résultats :

α	σ_0	σ	$\frac{0,9\Phi + 0,1\Phi_0}{1-\sigma}$	K	ϖ_0	Z
°				kg : km	kg : m³	m
0.......	0,200	0,2178	0,2723	0,4628	1,220	0
1.......	0,202	0,1699	0,2190	0,3723	0,979	2068
2.......	0,209	0,1438	0,1911	0,3250	0,847	3423
3.......	0,219	0,1291	0,1768	0,3006	0,773	4281
4.......	0,233	0,1211	0,1707	0,2901	0,733	4784
5.......	0,250	0,1173	0,1699	0,2888	0,713	5032
6.......	0,269	0,1163	0,1703	0,2941	0,708	5106

Le minimum de K, 0,2884, a lieu pour $\alpha = 4°,62$, auquel correspond $Z = 4962^m$, à 144^m au-dessous du plafond. Au plafond et à 540^m plus bas, la dépense est de 2 pour 100 plus forte. A 400^m au-dessous, 1 pour 100; à 800^m, 4 pour 100; à 1000^m, 5,6 pour 100. Telles sont les marges d'altitude dans lesquelles l'aviateur doit se mouvoir pour ne pas dépasser de plus de 1, 2, 4 ou 5,6 pour 100 le minimum possible. Des appareils ayant d'autres caractéristiques donneraient lieu à des conclusions analogues.

Adaptation de l'hélice. — La recherche de la meilleure hélice est un problème ardu; les équations ne permettent pas de le résoudre en termes finis, et les développements en série sont trop lentement convergents pour se prêter à des calculs rapides. Nous sommes donc obligés de passer par plus de calculs intermédiaires que dans le cas précédent.

Supposons qu'une première hélice, de diamètre D et de pas efficace H, imprime à l'avion la vitesse v au sol avec une incidence α (zéro, dans notre exemple), le recul étant σ_0, 0,20 ici, et le moteur tournant à sa *vitesse limite n qu'on se fixe*, et proposons-nous de changer cette hélice de telle façon que, v au sol restant le même, la hauteur de plafond soit maximum, ou bien que la vitesse ascensionnelle de montée soit aussi grande que possible. Les solutions ne sont pas les mêmes, mais elles diffèrent peu.

Pour ces calculs, il faut savoir les propriétés des hélices que je démontre dans un Ouvrage en préparation. Les suivantes nous suffiront. Étant données des hélices d'une même famille, c'est-à-dire *ayant des projections*

d'ailes (sur un plan perpendiculaire à l'axe) *homothétiques, et un coefficient de frottement* ε *identique,*

1° Le facteur b de l'expression (2) de la traction de l'hélice ($F = b\varpi n^2\sigma$) (t. 168, p. 1143) est proportionnel à HD^3; appelant p le rapport du pas efficace au diamètre, on a

$$b = \frac{k\pi^2}{4g}\mu\Sigma p D^4, \tag{4}$$

k, μ et Σ étant des coefficients qu'il est inutile de préciser ici.

2° Le coefficient a de l'expression (8) du couple résistant Γ et du rendement ρ de l'hélice (t. 168, p. 1144) est lié à p et à ε par

$$a = \varepsilon\left(\frac{p}{2,1} + \frac{2,1}{p}\right)^2. \tag{5}$$

Si, par exemple, $\varepsilon = 0,005$ avec $p = 1$, a prend la valeur $\frac{1}{30}$, à laquelle correspond un ρ maximum de 0,75, pour $\sigma = 0,20$.

Cela posé, deux cas sont à distinguer, suivant que le p de l'hélice primitive est fort, c'est-à-dire au moins égal à 1,5, ou faible. Le premier ne se présente pratiquement pas si l'hélice est conduite directement par le moteur, car alors la vitesse de celui-ci impose un p généralement compris entre 0,8 et 1, jamais supérieur à 1,30; il est le plus simple parce que, en modifiant H et D dans de larges limites, *le rendement reste sensiblement constant.*

Supposons constante l'avance par tour $\mathcal{A}_0$ de l'hélice au sol; c'est notre condition de départ. On a $H(1-\sigma_0) = \mathcal{A}_0$.

A n'importe quelle incidence, en palier, le recul σ est lié au coefficient X de résistance à l'avancement de l'avion par

$$\frac{1}{\sigma} + \sigma - 2 = \frac{b}{H^2X}. \tag{6}$$

Si on le compare au recul σ_0 au sol, on a la relation simple

$$\frac{1}{\sigma} + \sigma - 2 = \frac{X_0}{X}\left(\frac{1}{\sigma_0} + \sigma_0 - 2\right), \tag{7}$$

qui permet de calculer à toute altitude, en particulier au plafond, le recul σ, d'après le recul au sol et le rapport des X au sol et à cette altitude.

Voulons-nous élever l'altitude du vol à incidence donnée, il faut l'hélice qui rend minimum ψH; car, dans (2), qui détermine ϖ, rien d'autre ne dépend du propulseur; mais $\mathcal{A}_0$ est constant puisque ρ des diverses hélices ne varie pas; c'est donc simplement $\frac{\psi}{1-\sigma_0}$ qui est à rendre minimum.

Pour le plafond, l'incidence, dépendant de ψ, varie quand on change l'hélice, mais peu, et, comme $\psi \frac{X}{Y}$ est, dans ce cas, minimum, nous ne commettrons pas d'erreur sensible en supposant l'incidence constante.

En ce qui concerne les vols en montée à incidence déterminée, d'après la relation (40) (t. 168, p. 1297), il faut toujours chercher le minimum de ψH; mais alors, le recul est plus fort, parce que, dans (9), X doit être remplacé par $X + Y \operatorname{tang}\theta$, θ étant l'inclinaison de la trajectoire.

Faisons l'application à notre avion type. Pour le plafond, $\frac{X_0}{X_p}$ est égal à 0,625. Le Tableau ci-après donne, dans sa première partie, les valeurs de σ, ψ et $\frac{\psi}{1-\sigma_0}$ au plafond pour quelques valeurs échelonnées du recul σ_0 au sol. σ a été calculé par (7), et ψ ensuite par

$$(8) \qquad \psi = 1 - \frac{\sigma}{2} + \frac{a}{\sigma} \qquad \text{avec} \qquad a = \frac{1}{30}.$$

En montée près du sol, à incidence optimum, le rapport $\frac{X_0}{X + Y \operatorname{tang}\theta}$ est à peu près la moitié du précédent; admettons 0,3125; la deuxième partie du Tableau indique les valeurs correspondantes de σ, ψ, $\frac{\psi}{1-\sigma_0}$.

	Plafond.			Montée.		
σ_0	σ	ψ	$\frac{\psi}{1-\sigma_0}$	σ	ψ	$\frac{\psi}{1-\sigma_0}$
0,16	0,220	1,0409	1,2392	0,328	0,9378	1,1164
0,17	0,232	1,0271	1,2374	0,342	0,9265	1,1163
0,18	0,244	1,0141	1,2367	0,356	0,9159	1,1168
0,19	0,256	1,0018	1,2368	0,369	0,9058	1,1183
0,20	0,268	0,9904	1,2380	0,382	0,8963	1,1262

Nous voyons que $\frac{\psi}{1-\sigma_0}$, au plafond, est minimum pour σ_0 voisin de 0,184, et que, en montée, il l'est pour $\sigma_0 = 0,167$. Si l'on veut favoriser le plafond, il faut donc mettre une hélice ayant, au sol, un recul inférieur de 8 pour 100 à celui (0,20) du maximum de rendement, et, pour favoriser la montée, aller jusqu'à 16 pour 100.

On remarque aussi que les reculs au sol peuvent varier notablement sans qu'il en résulte de changements sensibles dans la marche soit au plafond, soit en montée. Pour satisfaire le mieux possible aux deux, il convient de choisir le recul moyen 0,175, auquel correspond une hélice ayant un pas

inférieur de 3 pour 100 à celui de l'hélice de rendement maximum et un diamètre *plus grand* de 4 pour 100.

Dans le deuxième cas, des p faibles, qui est l'ordinaire, le problème se complique du fait que le rendement du propulseur s'améliore à mesure qu'on accroît σ_0, c'est-à-dire le pas. Pour avoir ρ, ou seulement ψ par (8), il faut calculer a par (5), et, d'abord, connaître le p de chaque hélice. On détermine p par la condition qu'au sol l'hélice donne la même force F de traction au nombre de tours n; il s'ensuit que $b\sigma_0$ est constant, c'est-à-dire, aussi, d'après (4), $HD^3\sigma_0$. Mais, quand on passe d'une hélice à une autre, $H(1-\sigma_0)$, qui est l'avance $\mathcal{A}_0$ par tour, ne change pas. En combinant ces deux conditions, on voit que

$$(9) \qquad p \text{ est proportionnel à } \frac{1}{1-\sigma_0}\sqrt[3]{\frac{\sigma_0}{1-\sigma_0}}.$$

Appliquons à l'avion type, en partant de ce qu'une première hélice d'essai, ayant $p=1$, a donné $\sigma_0 = 0,20$. Nous trouvons, pour le plafond, les chiffres de la première partie du Tableau ci-après. Nous avons pris $\frac{X_0}{X_p} = 0,625$, comme précédemment; a a été calculé par (5); le rendement de l'hélice au sol par $\rho_0 = \frac{1-\sigma_0}{\psi_0}$, et au plafond par $\rho = \frac{1-\sigma}{\psi}$.

σ_0	σ	p	a	ψ	$\frac{\psi}{1-\sigma_0}$	ρ_0	ρ
			Plafond.				
0,20...........	0,268	1	0,03333	0,9904	1,2380	0,750	0,739
0,22...........	0,291	1,0677	0,03076	0,9603	1,2324	0,757	0,738
0,24...........	0,313	1,1379	0,02860	0,9346	1,2298	0,761	0,735
0,26...........	0,335	1,2110	0,02679	0,9121	1,2325	0,760	0,728
			Montée.				
0,20...........	0,382	1	0,03333	0,8962	1,1203	0,750	0,689
0,22...........	0,407	1,0677	0,03076	0,8721	1,1180	0,757	0,680
0,24...........	0,430	1,1379	0,02860	0,8514	1,1202	0,761	0,669

Le minimum de $\frac{\psi}{1-\sigma_0}$ correspond à $\sigma_0 = 0,24$. Donc, dans ce deuxième cas, à l'inverse de ce qui avait lieu dans le premier, il faut une hélice de *pas plus grand* et, par conséquent, de *diamètre plus faible* que l'hélice qui, au sol, travaillerait au rendement maximum. D'ailleurs, l'avant-dernière colonne montre que, même au sol, le rendement s'est amélioré, malgré que le recul dépasse celui du maximum de rendement; cela tient à ce que, le p

étant plus grand, ce maximum s'est élevé. Au plafond, par contre, il est légèrement inférieur à celui de la première hélice; mais le résultat est meilleur; l'hélice freine moins le moteur et, par suite, l'accroissement de la vitesse de rotation compense, et au delà, la perte sur ρ.

Puisque le rendement au sol s'améliore quand on passe de 0,20 à 0,24 de recul, on pourrait forcer légèrement la vitesse en augmentant un peu le pas; mais le plafond en serait affecté défavorablement, car la diminution de ψ dans ψH ne compenserait pas l'accroissement de H. Mieux vaudrait réduire le pas et, par là, la vitesse au sol; ce qui reviendrait à changer notre hypothèse de départ, plus précisément, à partir de v et n déterminés à une certaine altitude, 3000^{m} par exemple. La marche des calculs serait la même; il n'y aurait de modifié que $\frac{X_0}{X}$ dans (7).

En montée près du sol, à incidence voisine de l'optimum, supposant encore $\frac{X_0}{X + Y \operatorname{tang} \theta} = 0,3125$, on trouve les chiffres de la deuxième partie du Tableau précédent. Le minimum a lieu pour $\sigma_0 = 0,22$, inférieur, comme dans le premier cas, au recul le plus favorable pour le plafond.

On satisfera le mieux aux deux exigences en adoptant la moyenne 0,23, qui conduit, d'après (4), à un pas *supérieur* de 3,9 pour 100 à celui de l'hélice primitive, et à un diamètre *inférieur* de 5,8 pour 100.

Dans le cas intermédiaire, p voisin de 1,3, la meilleure hélice pour l'ensemble des paliers et des montées est précisément celle qui fonctionne à son rendement maximum en palier au sol.

Le recul le plus favorable s'élève à mesure que le pas de l'hélice diminue; avec $p = 0,8$, au lieu de 1, nous aurions eu 0,25, au lieu de 0,23; il croît aussi en même temps que la hauteur de plafond. Dans chaque cas particulier, les formules indiquées permettent de le trouver avec précision, d'emblée, à l'aide des caractéristiques de l'avion et du moteur, si on les connaît, ou en partant des résultats donnés par une première hélice.

Si l'on pouvait se placer dans le cas de p voisin de 1,5, le rendement serait excellent : plus de 80 pour 100. Mais ce n'est possible qu'avec des dimensions excessives. Pour le voir, supposons un avion mû par hélice à deux ailes en prise directe ayant $H = 2^{m},40$, $D = 3^{m}$, soit $p = 0,8$, avec 25 pour 100 de recul, ce qui est courant. Essayons de la remplacer par une hélice démultipliée, de même famille, ayant p voisin de 1,5. Même en la composant de quatre ailes, le rapport de démultiplication devrait atteindre 2,5. Admettons qu'elle travaille à $\sigma_0 = 0,18$ au sol; la formule (4) conduit à $H = 5^{m},488$; $D = 3^{m},714$. L'hélice et l'engrenage

seraient bien grands et lourds. A ce point de vue, la démultiplication ne semble donc pas recommandable, sauf pour les avions de faible vitesse.

PHYSIQUE. — *Sur les bases expérimentales de la Théorie de la Relativité.* Note [1] de M. **Auguste Righi.**

Dans une Note précédente [2], j'ai fait voir qu'en appliquant à la détermination de l'onde plane réfléchie par un miroir plan en mouvement uniforme rectiligne la construction de Huygens, et négligeant les puissances de l'aberration supérieures à la deuxième, on arrive à démontrer que, contrairement à la prévision formulée par Michelson, il y a à peu près 38 ans, et admise jusqu'à présent par tous les physiciens sans exception, l'expérience célèbre inventée par cet auteur, à laquelle la nouvelle théorie doit son origine première, *ne doit pas montrer*, comme en effet elle n'a jamais montré, aucun déplacement de franges.

Pour effectuer cette expérience on compare les phénomènes qui apparaissent en orientant l'appareil, une fois de manière que la lumière employée soit dirigée parallèlement à la translation terrestre, et l'autre fois perpendiculairement. Mais aussitôt après j'ai généralisé mon résultat en montrant qu'il est valable pour deux orientations orthogonales quelconques.

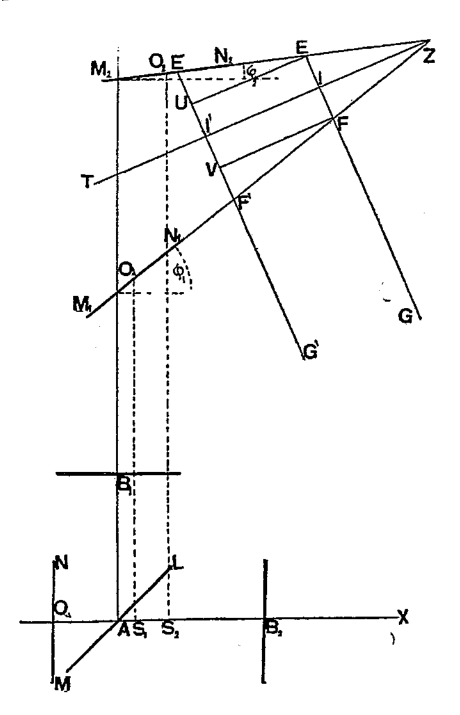
Évidemment, si l'on ne s'était pas trompé par la fausse prévision, on n'aurait pas eu à chercher les causes du prétendu désaccord, et personne n'aurait peut-être songé encore, ni à l'hypothèse de la contraction des corps dans le sens de leur mouvement dans l'éther, ni aux conceptions nouvelles sur la mesure de l'espace et du temps. Mais comme à côté de l'expérience de Michelson il y en a d'autres, optiques ou électromagnétiques, qui indiquent, elles aussi, l'existence d'un désaccord, il ne faut pas se hâter à des conclusions trop tranchées, bien que ces dernières expériences ne paraissent avoir une valeur aussi grande que celle attribuée jusqu'ici à celle de l'éminent physicien américain. En tout cas, et je tiens à le déclarer, même si un jour on arrivait à être sûr que la théorie de Einstein n'est pas rendue nécessaire par des faits bien démontrés, rien n'empêcherait peut-être de l'admettre comme un instrument de recherche

(1) Séance du 23 février 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 837.

précieux, qui a déjà conduit, grâce au puissant génie de son auteur et de ceux qui l'ont suivi, à des résultats admirables, tels que l'existence de liens entre lumière et gravitation, que la théorie électrique de la constitution de la matière faisait seulement soupçonner.

Dans mes Mémoires précédents ([1]), j'ai étudié aussi, mais en passant, les changements qu'on prévoit devoir s'observer en changeant d'une manière quelconque l'orientation de l'appareil par rapport à la translation, sans fixer assez mon attention sur la grandeur de ces changements. Or, suivant MM. Morley et Miller ([2]), on ne voit aucun changement de cette espèce, et par conséquent j'ai conclu qu'un désaccord subsiste encore. Mais ayant repris pendant ces dernières semaines l'étude de ces questions, je me suis persuadé que les changements prévus et non constatés expérimentalement sont pratiquement impossibles à constater. Dans la figure



ci-jointe, AL représente la lame demi-argentée de l'appareil, B_1 et B_2 sont les deux miroirs, dont les distances de A sont égales et désignées par l. Le

([1]) Pour plus de détails voir ces Mémoires, qui viennent d'être résumés dans *Radium*, décembre 1919.

([2]) *Phil. Mag.*, mai 1905, p. 680.

faisceau de rayons parallèles entre dans l'appareil dans la direction OX, et MON est une onde que l'on considérera comme source de lumière pour commodité de démonstration. Soient $M_1O_1N_1$ l'image virtuelle de MON due aux deux réflexions sur AL puis sur B_1, et $M_2O_2N_2$ celle due aux deux réflexions, d'abord sur B_2 puis sur AL. Les images conjuguées M_1N_1, M_2N_2 sont en phases identiques, et les deux trains d'ondes, qui s'avancent dans la direction de leurs normales, donnent lieu au phénomène d'interférence, qu'on observe d'ordinaire avec une lunette.

Soient $AS_1 = X_1$, $S_1O_1 = Y_1$ les coordonnées de O_1, image de O, par rapport aux axes AX, AY; φ_1 l'angle de M_1N_1 avec OX. Soient X_2, Y_2, φ_2 les quantités analogues relatives à $M_2O_2N_2$. J'ai donné dans la Note précédente les expressions de ces quantités, simplifiées par la supposition que OA soit zéro, c'est-à-dire en admettant que l'onde incidente, qu'on prend comme source, soit celle qui passe par A. Parmi ces expressions, il me suffira de rappeler ici la formule

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \rho^2 \cos 2\delta,$$

qui fait connaître l'angle M_2ZM_1 que les deux images conjuguées forment entre elles, δ étant l'angle de la direction de la translation terrestre avec la direction du faisceau incident OX.

Des deux manières de raisonnement indiquées précédemment (celle qui suppose l'emploi d'une lunette, et celle dite de la *lame équivalente*), je vais employer la dernière, qui ici réussit plus simple.

L'effet des deux sources virtuelles M_1N_1 et M_2N_2 est analogue à celui des deux faces d'une lame mince, et l'on connaît dans quelles conditions (petit trou près de l'œil, ou bien franges à l'infini) l'interférence est aisément visible. Dans le cas des franges à l'infini, l'observateur a son champ limité par le contour du miroir B_1, et il juge d'ordinaire que les franges se trouvent dans le plan même du miroir.

Pour arriver rapidement et d'une manière assez satisfaisante, bien qu'approximative, à notre but, il suffit de prendre en considération les vibrations qui se superposent sur les diverses droites normales au plan bissecteur de l'angle dièdre compris entre les sources virtuelles de phase égale M_1N_1, M_2N_2. Soient ZT la trace dudit plan, EIFG une desdites directions, E'I'F'G' une autre, dont la distance II' à la première sera représentée par i. A l'aide des droites EU, FV, parallèles à ZT, la figure montre que

$$E'F' - EF\, 2E'U = 2i \operatorname{tang} \frac{1}{2} E'ZF',$$

ou encore, à cause de la petitesse de l'angle $i(\varphi_1 - \varphi_2)$.

Supposons à présent que la différence de marche des vibrations qui suivent la droite EG diffère de celle relative à la droite E'G', précisément d'une longueur d'onde λ. On aura

$$i = \lambda : (\varphi_1 - \varphi_2) = \lambda : \rho^2 \cos 2\delta,$$

et i sera à présent l'intervalle qui sépare deux franges successives. Il est bon d'observer ici que, dans les limites d'approximations adoptées, les conséquences auxquelles on parvient ne changent pas substantiellement si, au lieu de supposer d'observer les franges perpendiculairement à ZT, on prenait une autre direction très peu différente, par exemple AY.

L'intervalle des franges i est minimum pour $\delta = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \ldots$, et alors il est égal à $\lambda : \rho^2$. Si l'on prend pour exemple $\lambda = 10^{-5}$ et pour ρ la valeur approchée 10^{-4}, on trouve $i = 50^{\text{m}}$ environ. En variant δ, l'intervalle i croît encore et devient infini pour $\delta = \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \ldots$.

On comprend ainsi que l'observateur ne puisse voir des franges, même si l'appareil est dans un des azimuts principaux $\left(\delta = \frac{\pi}{2}, \pi, \ldots\right)$; car le champ de vision lui présentera un éclairement sensiblement uniforme. Si d'ordinaire on voit dans l'appareil de Michelson des franges assez rapprochées et assez nettes pour qu'il soit possible d'en constater un déplacement, c'est tout simplement grâce à la circonstance que les réflecteurs n'ont pas exactement (soit volontairement, soit par hasard) les orientations qu'ils sont censés avoir. Mais il est intuitif que, s'il s'agit de déplacements angulaires très petits, mon théorème qui établit la non-production du déplacement de franges par la rotation de 90°, doit rester sensiblement vérifié, de même qu'on a admis jusqu'ici que la prévision de Michelson restait valable.

Pour avoir une idée de l'effet produit par les changements d'orientation des réflecteurs, j'ai étudié, dans le deuxième des Mémoires cités plus haut (§ 4), le cas d'un déplacement angulaire μ donné au miroir B_1. On a alors

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2\mu + \text{des termes en } \rho \text{ et en } \rho^2,$$

et sensiblement $i = \lambda : 2\mu$. Si, pour donner un exemple, on suppose μ égal à deux secondes et demi d'arc, on trouve que i vaut à peu près 2^{cm}; les franges sont donc convenablement espacées.

Pour essayer une expérience absolument à l'abri de toute objection, il faudrait calculer d'avance quelles modifications dans les phénomènes se

produisent en variant l'azimut de l'appareil, les orientations des réflecteurs étant exactement connues. Si l'on trouve qne ces modifications soient assez appréciables, il faudra voir si les expériences en donnent ou non une confirmation parfaite. En outre, pour arriver finalement à savoir sûrement si des désaccords entre les prévisions et les faits réels existent ou non, il serait bon de faire des vérifications de même genre, si possible, pour toutes les autres expériences, optiques ou électromagnétiques, qu'on a l'habitude de citer à l'appui de l'expérience de Michelson. Même en reconnaissant ce que la Science doit déjà à la théorie de la Relativité, et en lui tributant toute l'admiration dont elle est digne, on peut désirer vivement que ces questions d'ordre expérimental soient élucidées; d'autant plus que la nouvelle conception peut se passer des expériences de laboratoire, si vraiment des observations astronomiques en fournissent d'éclatantes confirmations.

Tout ce qui précède est subordonné, outre qu'à l'approximation jusqu'à ρ^2, à l'emploi de la construction bien connue de Huygens pour la réflexion d'ondes planes, dont la légitimité me paraît exempte d'objections.

M. **Gaston Bonnier** offre à l'Académie les Tomes 30 et 31 de la *Revue générale de Botanique*, publiée sous sa direction, et dont la publication n'a jamais été interrompue pendant la guerre. Ces volumes renferment des Mémoires ou articles d'auteurs français, tels que MM. Nicolas, Guilliermond, Colin, Gagnepain, Guillaumin, François, R. Combes, G. Bonnier, etc., ainsi que d'auteurs étrangers appartenant aux pays alliés ou neutres, tels que MM. Turchini, Eriksson, Mme Besteiro, etc.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Marcel Deprez*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 57,

M. A. Mesnager	obtient . . .	41	suffrages
M. H. Parenty	» . . .	9	»
M. Bertrand de Fontviolant	» . . .	4	»
M. E. Jouguet	» . . .	3	»

M. A. **Mesnager**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Edmund Weiss*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 52,

M. A. **Fowler** réunit l'unanimité des suffrages : il est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1920, ouvert en la séance du 23 février, est clos en celle du 1er mars.

40 cahiers de vote sont déposés.

Le dépouillement des cahiers de vote donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Grand prix des sciences mathématiques*, *prix Poncelet*, *Francœur*. — MM. Jordan, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Goursat; Boussinesq, Émile Picard, Lecornu.

Aucun autre suffrage n'a été exprimé.

II. Mécanique : *Prix Montyon*, *Fourneyron*, *H. de Parville*. — MM. Boussinesq, Sebert, Vieille, Lecornu, Kœnigs, Mesnager; Jordan, Haton de la Goupillière, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Appell.

III. Astronomie : *Prix Lalande*, *Damoiseau*, *Benjamin Valz*, *Janssen*, *Pierre Guzman*. — MM. Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Andoyer; Jordan, Lippmann, Émile Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Appell.

IV. Géographie : *Prix Delalande-Guérineau*, *Gay*, *fondation Tchihatchef*, *prix Binoux*. — MM. Grandidier, Bertin, Lallemand, Fournier, Bourgeois, Favé; Edmond Perrier, Guignard, le prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Douvillé, Lecomte.

V. Navigation : *Prix de six mille francs, Plumey.* — MM. Grandidier, Boussinesq, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Kœnigs, Favé, Mesnager.

VI. Physique : *Prix L. La Caze, Hébert, Hughes, fondation Clément Félix.* — MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Daniel Berthelot; Boussinesq, Émile Picard, Carpentier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Paul Janet.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker, L. La Caze, fondation Cahours, prix Houzeau.* — MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu, Bourquelot; Carnot, Schlœsing, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, A. Lacroix.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Fontannes, Victor Raulin, Joseph Labbé.* — MM. Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, de Launay, Haug; Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Carnot, Kilian.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy.* — MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard; Edmond Perrier, Bouvier, le prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Henneguy, Flahault.

X. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny, prix Jean Thore.* — MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal; Grandidier, Laveran, le prince Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Douvillé.

XI. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Dusgate, Bellion, Larrey.* — MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Charles Richet, Quénu, Widal; Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Branly.

XII. Physiologie : *Prix Montyon, Lallemand, L. La Caze, Martin-Damourette, Philipeaux.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Mangin.

XIII. *Fonds Charles Bouchard.* — MM. Armand Gautier, Guyon, Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, Roux, Laveran, Henneguy, Charles Richet, Quénu, Widal.

XIV. *Prix Montyon de statistique.* — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Émile Picard, Carnot, Violle, le prince Bonaparte, Tisserand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Lecomte.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Grandidier, Émile Picard, Appell, Edmond Perrier, Bouvier, Bigourdan, de Launay.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Jordan, Boussinesq.

XVI. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot.* — MM. Deslandres, Lemoine, Émile Picard, A. Lacroix.

XVII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Henri Becquerel.* — MM. Deslandres, Lemoine, Émile Picard, A. Lacroix, Appell, Edmond Perrier.

XVIII. *Prix Alhumbert.* — MM. Lippmann, Violle, Bouty, A. Lacroix, Wallerant, Villard, Branly.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, de Gramont.

XIX. *Prix Bordin.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Haller, A. Lacroix, Douvillé, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. de Launay, Haug.

XX. *Prix Serres.* — MM. Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, Laveran, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Charles Richet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Roux, Branly.

XXI. *Prix Vaillant.* — MM. Lippmann, Émile Picard, Violle, Hamy, Bouty, Villard, Branly.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Daniel Berthelot.

XXII. *Prix Houllevigue.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Delage, Bouvier, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, A. Lacroix.

XXIII. *Prix Saintour.* — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Bouvier, A. Lacroix, Termier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laveran, Marchal.

XXIV. *Prix Henri de Parville* (ouvrages de science). — MM. Des-

landres, Lemoine, Emile Picard, A. Lacroix; Appell, Armand Gautier, A. Carnot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Moureu, Paul Janet.

XXV. *Prix Lonchampt.* — MM. Edmond Perrier, Guignard, Roux, Laveran, Maquenne, Mangin, Charles Richet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Armand Gautier, Leclainche.

XXVI. *Prix Henry Wilde.* — MM. Grandidier, Lippmann, Emile Picard, Guignard, Violle, A. Lacroix, Bigourdan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Boussinesq, Appell.

XXVII. *Prix Caméré.* — MM. de Freycinet, Carnot, Humbert, Vieille, Le Chatelier, Carpentier, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Kœnigs, Rateau.

XXVIII. *Fondation Jérôme Ponti.* — MM. Guignard, Delage, Bouvier, A. Lacroix, Maquenne, le prince Bonaparte, Le Chatelier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Arsonval, Henneguy.

XXIX. Question à proposer pour le *Grand prix des Sciences physiques* à décerner en 1923. — MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, d'Arsonval, Guignard, A. Lacroix, Douvillé, Le Chatelier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Delage, Termier.

XXX. Question à proposer pour le *prix Bordin* (sciences mathématiques) à décerner en 1922. — MM. Jordan, Boussinesq, Lippmann, Emile Picard, Appell, Humbert, Lecornu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bigourdan, Bourgeois.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la chaire de *Culture* déclarée vacante au Muséum d'Histoire naturelle par décret en date du 17 janvier 1920.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre de votants étant 51,

M. Bois	obtient.	50 suffrages
M. François	»	1 suffrage

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 45,

M. François	obtient	43 suffrages
M. Guillaumin	»	1 suffrage

Il y a un bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne.	M. **Bois**
En seconde ligne	M. **François**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces de la Correspondance :

1° *Science and Learning in France, an appreciation by American Scholars*, publié par la Society for American Fellowships in French Universities.

2° Trois Ouvrages de M. Lucien Chancerel : *Traité pratique de Sylviculture, exploitation forestière et boisement; Flore forestière du Globe; Précis de Botanique forestière et de biologie de l'arbre.* (Présentés par M. G. Bonnier.)

3° *La guerre des gaz et les travaux des services chimiques de l'armée*, par le colonel Vinet. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence de certaines séries.* Note (¹) de M. N.-E. Nörlund.

1. On sait que la série alternée

$$\sum_{s=0} (-1)^s f(s)$$

(¹) Séance du 23 février 1920.

est convergente si $f(x)$ est une fonction, positive à partir d'une certaine valeur de x, continuellement décroissante et tendant vers zéro quand x augmente indéfiniment.

Je vais démontrer qu'on peut décider de la convergence de cette série dans certains cas plus généraux. Supposons que la fonction $f(x)$ tende vers zéro quand x augmente indéfiniment et qu'elle admette, pour $x \geqq a$, une dérivée continue d'un certain ordre, soit d'ordre m, telle que l'intégrale

$$\int_a^\infty |f^{(m)}(z)|\,dz$$

soit convergente. *Dans ces conditions, la série*

$$(1) \qquad \sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s f(x+s)$$

sera uniformément convergente dans l'intervalle $x \geqq a$. En effet, soit $E_\nu(x)$ le polynome qui satisfait à l'équation

$$E_\nu(x+1) + E_\nu(x) = 2x^\nu.$$

Soit $\dot{E}_\nu(x)$ une fonction périodique définie par les deux conditions suivantes :

$$\dot{E}_\nu(x+1) + \dot{E}_\nu(x) = 0,$$
$$\dot{E}_\nu(x) = E_\nu(x), \qquad \text{si} \qquad 0 \leqq x < 1.$$

On a, pour $x \geqq a$,

$$(2) \qquad 2\sum_{s=0}^{p-1}(-1)^s f(x+s) = \sum_{\nu=0}^{m-1}\frac{E_\nu(0)}{\nu!}\left[f^{(\nu)}(x) - (-1)^p f^{(\nu)}(x+p)\right] + (-1)^m \int_0^p \frac{\dot{E}_{m-1}(z)}{(m-1)!} f^{(m)}(x+z)\,dz,$$

p étant un entier positif quelconque. On le démontre aisément en intégrant par partie dans le dernier terme au second membre. Nos hypothèses relativement à la fonction $f(x)$ entraînent que

$$\lim_{x=\infty} f^{(\nu)}(x) = 0 \qquad (\nu = 0, 1, 2, \ldots, m-1).$$

C'est ce qui résulte d'un théorème de MM. Hardy et Littlewood [1].

Cela posé, nous faisons tendre p vers l'infini dans l'équation (2). Le second

---

[1] *Proc. London math. Soc.*, 2e série, t. 9, 1911, p. 437-438; 2e série, t. 11, 1913, p. 422-423.

membre tendra uniformément vers une limite. La série (1) est donc convergente et elle se représente par l'expression suivante :

$$2\sum_{s=0}^{\infty}(-1)^s f(x+s)=\sum_{\nu=0}^{m-1}\frac{E_\nu(0)}{\nu!}f^{(\nu)}(x)+(-1)^m\int_0^\infty\frac{\dot{E}_{m-1}(z)}{(m-1)!}f^{(m)}(x+z)\,dz.$$

2. On peut de la même manière décider de la convergence de certaines séries multiples. Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ des nombres positifs quelconques. Posons

$$\Omega=s_1\omega_1+s_2\omega_2+\ldots+s_n\omega_n$$

et considérons la série

$$\sum(-1)^{s_1+s_2+\ldots+s_n}f(x+\Omega), \tag{2}$$

la sommation étant étendue à toutes les valeurs entières, non négatives de $s_1, s_2, \ldots, s_n$. Supposons que la fonction $f(x)$ tende vers zéro quand x augmente indéfiniment et qu'elle admette, pour $x\geqq a$, une dérivée continue d'un certain ordre, soit d'ordre m, telle que

$$\lim_{x=\infty} x^{n+\varepsilon}f^{(m)}(x)=0,$$

ε étant un nombre positif. Je vais démontrer que la série (3) converge uniformément pour $x\geqq a$. En effet, soit h un nombre tel que $0\leqq h<\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n$. Soit $E_\nu^{(n)}(x)$ le polynome qui satisfait à l'équation [1]

$$\mathop{\nabla^n}_{\omega_1\ldots\omega_n} E_\nu^{(n)}(x)=x^\nu,$$

ν étant un entier positif. Soit $\dot{E}_\nu^{(n)}(x)$ une fonction continue définie par les deux conditions suivantes :

$$\mathop{\nabla^n}_{\omega_1\ldots\omega_n} \dot{E}_\nu^{(n)}(x)=0,$$

$$\dot{E}_\nu^{(n)}(x)=E_\nu^{(n)}(x),\qquad \text{si}\qquad 0\leqq x<\omega_1+\omega_2+\ldots+\omega_n.$$

On a la relation suivante :

$$f(x+h)=\sum_{\nu=0}^{m-1}\frac{E_\nu^{(n)}(h)}{\nu!}\mathop{\nabla^n}_{\omega_1\ldots\omega_n}f^{(\nu)}(x)+\int_0^\infty\frac{\dot{E}_{m+1}^{(n)}(h-z)}{(m-1)!}\mathop{\nabla^n}_{\omega_1\ldots\omega_n}f^{(m)}(x+z)\,dz.$$

---

(1) Voir sur ces polynomes deux Notes des *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 166-168 et p. 221-223.

On le démontre en intégrant par partie dans le dernier terme au second membre. Il en résulte que, pour $x \geqq a$,

$$\sum_{s_n=0}^{p_n-1} \cdots \sum_{s_2=0}^{p_2-1} \sum_{s_1=0}^{p_1-1} (-1)^{s_1+s_2+\ldots+s_n} f(x+h+\Omega)$$
$$= \sum_{\nu=0}^{m-1} \frac{E_\nu^{(n)}(h)}{\nu!} \underset{p_1\omega_1,\ldots,p_n\omega_n}{\nabla^n} f^{(\nu)}(x) + \int_0^\infty \frac{\dot{E}_{m-1}^{(n)}(h-z)}{(m-1)!} \underset{p_1\omega_1,\ldots,p_n\omega_n}{\nabla^n} f^{(m)}(x+z)\,dz,$$

$p_1, p_2, \ldots, p_n$ étant des entiers positifs impairs quelconques. Faisons tendre les p_i vers l'infini simultanément et indépendamment l'un de l'antre. On démontre aisément que le second membre tend uniformément vers une limite. La série à n entrées (3) est donc convergente et l'on a

$$2^n \sum (-1)^{s_1+s_2+\ldots+s_n} f(x+h+\Omega) = \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{E_\nu^{(n)}(h)}{\nu!} f^{(\nu)}(x)$$
$$+ \int_0^\infty \frac{\dot{E}_{m-1}^{(n)}(h-z)}{(m-1)!} f^{(m)}(x+z)\,dz.$$

On voit ainsi que les séries (1) et (3) convergent si

$$f(x) = \frac{\sin(x^\alpha)}{x^\beta} \qquad (0 \leqq \alpha < 1),$$

β étant un nombre dont la partie réelle est positive. Il en est de même si

$$f(x) = \frac{\cos(\log_p x)}{\log_q x},$$

p et q étant des entiers positifs. Mais il va sans dire que ces séries ne sont pas absolument convergentes.

En faisant tendre d'abord p_1, puis p_2 et enfin p_n vers l'infini, on démontre que la série itérée n fois

$$\sum_{s_n=0}^{\infty} \Big\{ \cdots \sum_{s_2=0}^{\infty} \Big\{ \sum_{s_1=0}^{\infty} (-1)^{s_1+s_2+\ldots+s_n} f(x+\Omega) \Big\} \cdot \Big\}$$

est encore convergente et qu'elle a la même somme que la série (3).

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur un théorème de A. Liapounoff.* Mémoire de M. **Alfred Rosenblatt**, présentée par M. Appell. (Extrait par l'auteur.)

1. Le célèbre mathématicien russe, A. Liapounoff, a démontré le théorème suivant [1] :

« Parmi tous les corps homogènes dont les points s'attirent en raison inverse du carré de leur distance, et qui ont le même volume $\mathfrak{V}$, la sphère *seule* a la plus petite énergie potentielle, toutefois, dans l'*hypothèse* qu'il existe une figure déterminée pour laquelle le minimum de l'énergie potentielle est atteint. »

Par énergie potentielle d'un corps K, on entend le produit par -1 de l'intégrale

$$J = \frac{1}{2}\int V d\tau, \tag{1}$$

V étant le potentiel du corps en un point x', y', z' et $d\tau$ étant l'élément $dx\,dy\,dz$ du corps. La densité du corps est supposée égale à 1.

Liapounoff suppose que le corps pour lequel le minimum de l'énergie potentielle est atteint est un corps d'équilibre, c'est-à-dire que le potentiel V du corps est constant à la surface. Il montre alors qu'aucun corps différent de la sphère ne peut donner de minimum absolu.

Il montre aussi, dans le deuxième des deux travaux cités, que la sphère donne, en effet, un maximum de l'intégrale (1), si on la compare aux corps suffisamment voisins.

Liapounoff se sert, dans sa démonstration, des propriétés d'une couche simple (couche électrique), étalée sur la surface S du corps en question et sans action en un point intérieur du corps. Il se sert donc des moyens de la théorie du potentiel newtonien. Ensuite, il suppose que, parmi toutes les surfaces du corps K qui entrent en comparaison, la sphère possède la plus petite surface. Or, on sait que cette propriété du minimum de la sphère n'a

---

[1] *Sur la stabilité des figures ellipsoïdales d'équilibre d'un liquide animé d'un mouvement de rotation* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1904). — *Problème de minimum dans une question de stabilité des figures d'équilibre d'une masse fluide en rotation* (*Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, 1908).

été démontrée que récemment, en toute rigueur, et dans des suppositions générales (¹).

Dans un travail récent (²), M. Lichtenstein a démontré que la sphère est la seule figure d'équilibre.

2. Nous nous proposons de démontrer le théorème de Liapounoff dans toute sa généralité. Nous démontrerons donc que, parmi tous les corps de volume $\mathfrak{V}$ donné que l'on puisse s'imaginer, la sphère seule possède le maximum de l'intégrale. La démonstration ne fait pas appel à des considérations étrangères au sujet même du théorème, comme celles concernant les surfaces des corps.

ÉLASTICITÉ. — *Théorie rationnelle des hourdis en béton armé, considérés comme ces plaques minces, d'une simple anisotropie orthogonale.* Note (³) de M. **M.-T. Huber**, présentée par M. J. Boussinesq.

On assimilera, approximativement, un hourdis horizontal rectangulaire de plâtre armé, ou de ciment armé, à une plaque mince présentant une anisotropie orthogonale de structure dans les sens horizontaux. Une théorie générale de ces plaques avait été établie en 1879 par M. J. Boussinesq (⁴). En se contentant d'une approximation suffisante pour le but mentionné dans le titre, on arrive (⁵) directement à l'équation différentielle de la surface élastique, sous la forme

$$(1)\qquad \mathfrak{B}_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2\mathcal{H} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2\, \partial y^2} + \mathfrak{B}_2 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p \text{ (charge unitaire)},$$

où il a été posé, par abréviation,

$$(2)\qquad B_1\eta_2 + B_2\eta_1 + 4C = 2\mathcal{H},$$

η_1 et η_2 étant des coefficients numériques qui, dans le cas d'une plaque iso-

---

(¹) Voir aussi H. Poincaré, *Équilibre des masses fluides animées d'un mouvement de rotation*, Paris, 1902.

(²) Voir aussi le travail de M. G. Tonelli, *Sulla proprieta di minimo della sfera* (*Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, t. 34, 1915).

(³) Séance du 23 février 1920.

(⁴) *Journ. de Math.*, 3ᵉ série, t. 5, octobre 1879.

(⁵) M.-T. Huber, *La théorie générale des hourdis en béton armé;* Lwow, 1914 (en polonais).

trope, se réduisent au coefficient de Poisson η, en donnant alors

$$B_1 = B_2 = \frac{EJ}{(1-\eta^2)}.$$

Par $2C$ nous avons désigné la *rigidité de la plaque à la torsion*, rapportée, comme pour B_1 et B_2 (*rigidité à la flexion*), à l'unité de longueur.

En partant de cette équation, il devient possible de donner une solution rigoureuse dans le cas d'une plaque chargée arbitrairement et articulée sur un contour rectangulaire plan.

En prenant pour les axes X et Y les côtés a et b de la plaque, on obtient les déplacements verticaux par la formule

$$(3)\quad \left\{ \begin{array}{l} w = \dfrac{4}{\pi^4 ab} \displaystyle\sum_r \sum_s \dfrac{\displaystyle\int_0^a \int_0^b p \sin\frac{r\pi x}{a} \sin\frac{s\pi y}{b}\, dx\, dy}{r^4 \dfrac{\mathfrak{B}_1}{a^4} + s^4 \dfrac{\mathfrak{B}_2}{b^4} + 2r^2 s^2 \dfrac{\mathcal{H}}{a^2 b^2}} \sin\frac{r\pi x}{a} \sin\frac{s\pi y}{b} \\ \qquad (r, s = 1, 2, 3, \ldots). \end{array} \right.$$

En substituant cette expression dans l'équation différentielle (1), on donne à son côté gauche la forme

$$\frac{4}{ab} \sum_r \sum_s \sin\frac{r\pi x}{a} \sin\frac{s\pi y}{b} \int_0^a \int_0^b p \sin\frac{r\pi x}{a} \sin\frac{s\pi y}{b}\, dx\, dy;$$

ce qui n'est autre chose que le développement de la fonction $p(x, y)$ en une série de Fourier.

Dans le cas simple, et pratiquement important, où la charge P se trouve concentrée en un point quelconque de la plaque indiqué par les coordonnées x_1, y_1, l'expression de w prend la forme

$$(4)\quad \begin{array}{l} w = \dfrac{2P b^3 \lambda^2 \mu^2}{\pi^4 \mathfrak{B}_2 (\lambda^2 - \mu^2)} \displaystyle\sum_{n=1,2,3,\ldots} \frac{1}{n^3} \sin\frac{n\pi y_1}{b} \\ \qquad \times \left[\dfrac{1}{\mu} \dfrac{\operatorname{sh} n\mu(a-x_1) \operatorname{sh} n\mu x}{\operatorname{sh} n\mu a} - \dfrac{1}{\lambda} \dfrac{\operatorname{sh} n\lambda(a-x_1) \operatorname{sh} n\lambda x}{\operatorname{sh} n\lambda a} \right] \sin\dfrac{n\pi y}{b}, \end{array}$$

pour $x \leqq x_1$, ou bien la forme qui dérive de la précédente par la mutation de x et x_1, pour $x \geqq x_1$. Dans cette expression, nous avons posé, pour abréger,

$$(4a)\quad \frac{1}{\lambda} = \frac{b}{\pi} \sqrt{\frac{\mathcal{H}}{\mathfrak{B}_2} - \sqrt{\left(\frac{\mathcal{H}}{\mathfrak{B}_2}\right)^2 - \frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{B}_2}}}, \qquad \frac{1}{\mu} = \frac{b}{\pi} \sqrt{\frac{\mathcal{H}}{\mathfrak{B}_2} + \sqrt{\left(\frac{\mathcal{H}}{\mathfrak{B}_2}\right)^2 - \frac{\mathfrak{B}_1}{\mathfrak{B}_2}}}.$$

En tenant compte des identités

$$(5)\qquad \mathfrak{D}_1\lambda^4 - 2\mathfrak{H}\frac{\pi^2}{a^2}\lambda^2 + \mathfrak{D}_2\frac{\pi^4}{a^4} = 0, \qquad \mathfrak{D}_1\mu^4 - 2\mathfrak{H}\frac{\pi^2}{b^2}\mu^2 + \mathfrak{D}_2\frac{\pi^4}{b^4} = 0,$$

il est facile de démontrer que chacune des deux expressions de w réduit à zéro le côté gauche de l'équation différentielle (1) pour $x \neq x_1$ et $y \neq y_1$.

Les solutions (3) et (4) satisfont évidemment aux conditions concernant les limites, conditions qui sont :

$$w = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0, \qquad \text{pour} \qquad x = 0 \quad \text{et} \quad x = a;$$

$$w = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0, \qquad \text{pour} \qquad y = 0 \quad \text{et} \quad y = b.$$

La formule nouvelle (3) se réduit, dans le cas où $\mathfrak{D}_1 = \mathfrak{D}_2 = \mathfrak{H}$ (plaques isotropes), à une forme qu'avait donnée Navier. Par contre, la formule (4) fournit, même alors, des résultats qui n'avaient pas été indiqués jusqu'à présent. Chez les auteurs s'occupant de la question, on ne trouvait que des formules bien plus complexes et concernant le cas particulier le plus simple, celui d'une charge concentrée au milieu de la plaque.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la résistance des aciers à la coupe des outils.* Note de M. **Ch. Fremont**, présentée par M. Lecornu.

Les praticiens savent que des aciers de même résistance à l'essai de traction présentent parfois, à l'outil qui les entame, une plus grande dureté les uns que les autres.

Ainsi, j'ai vu un acier à 78^{kg} par millimètre carré de résistance à la rupture (calculée suivant la règle conventionnelle universellement admise, c'est-à-dire en divisant l'effort maximum par la section initiale), qui usait rapidement les lames de scie qui l'entamaient, alors qu'un autre acier à 121^{kg} de résistance à la rupture par millimètre carré se laissait très facilement entamer et n'usait que fort peu les lames.

J'ai trouvé l'explication de ce phénomène paradoxal en mesurant la *résistance finale*, obtenue à l'essai de traction de ces deux aciers.

J'appelle résistance finale celle que l'on obtient par le calcul en divisant l'effort auquel était soumise l'éprouvette de traction au moment de la rupture, par la section réelle de rupture, c'est-à-dire la striction de l'éprouvette.

Cet effort final est moins élevé que l'effort maximum précédent, mais la résistance

finale par millimètre carré est, au contraire, plus élevée que la résistance à la rupture habituelle, parce que la section réelle de rupture est sensiblement moindre que la section initiale.

L'acier, à 121^{kg} de résistance de rupture, est à 165^{kg} de résistance finale; à 78^{kg} de résistance de rupture, il est à 195^{kg} de résistance finale.

J'ai montré ailleurs ([1]) que, dans la coupe des outils, le métal attaqué se rompait par traction; il est donc rationnel qu'un acier, à 195^{kg} par millimètre carré de résistance finale, soit plus dur à couper et use plus rapidement l'outil qu'un acier qui n'a que 165^{kg} de résistance finale.

J'ai cru remarquer, à la suite de quelques essais de traction effectués sur des rails, les uns ayant été usés après peu de service et les autres, au contraire, après un plus long service, que la résistance finale à la traction intervenait, en partie, dans la résistance à l'usure.

Des expériences en cours me permettront, je pense, d'élucider cette question et de donner, plus en détail, le mécanisme du phénomène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la combustion sulfochromique des éthers méthyliques.* Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans l'intention d'avoir une méthode rapide de détermination du carbone dans les éthers méthyliques de l'acide sulfurique nous avons étudié une technique utilisée dès 1888 par Cross et Bevan dans une autre intention. Le principe de la méthode consiste à oxyder le produit au moyen d'anhydride chromique en présence d'acide sulfurique et à mesurer le volume de gaz carbonique produit. L'appareil est une burette de Bunte légèrement modifiée avec laquelle est mise en relation la fiole-laboratoire.

Après introduction dans un petit matras conique de dimension convenable de la ubstance et de l'oxydant, on met le matras en relation avec la burette graduée. Exceptionnellement, le dégagement de gaz carbonique commence à froid; en général, on chauffe en plongeant la fiole dans un bain-marie dans lequel on l'agite. Le dégagement se produit à une certaine température; on atteint progressivement l'ébullition de l'eau au bain-marie et l'on considère l'opération comme terminée après 4 minutes de cette ébullition. Cette méthode est suffisante à condition d'opérer dans des conditions déterminées, car elle comporte des causes d'erreur contradictoires qui se compensent assez exactement dans ces conditions.

([1]) *La Lime*, p. 108; Paris, 1916.

Voici quelques résultats obtenus avec cette méthode :

Nom de la substance.	C pour 100 observé.	Calculé.
Méthylsulfate de potassium.......	8,19; 8,13; 8,14; 8,15; 8,14; 8,03	8,00
» de sodium (anhydre).	8,02; 7,99	7,90
» de sodium (hydraté).	8,83; 8,91	8,95
» de lithium	10,21	10,18
» de baryum.........	6,69; 6,66; 6,66	6,67
» de calcium	8,98; 9,08; 9,06; 8,91; 9,05; 9,03	9,16
Sulfate diméthylique............	19,10; 19,08	19,04
Chlorosulfonate de méthyle.......	9,14; 9,09; 9,09; 9,15	9,19
Oxyde de méthyle...............	51,5; 52,25; 51,3; 51,8; 52,1; 51,9; 52,2	52,12
Formiate de méthyle............	38,9; 39,2; 38,6; 39,3; 39,2	40,0
Carbonate diméthylique..........	39,2	40,0
Oxalate »	40,64; 40,10	40,67
Malonate »	45,8; 45,3	45,45
Benzoate de méthyle.............	70,1; 70,05	70,58
Salicylate »	62,62; 62,58	63,5
Phtalate »	61,4; 61,03; 61,07	61,85

Cette méthode s'applique donc avec une approximation suffisante aux dérivés méthyliques; les résultats précédents supposent que la combustion sulfochromique des acides aromatiques est complète dans ces conditions : nous l'avons vérifié directement comme l'avaient déjà fait Cross et Bevan. Il est presque superflu de dire que le contrôle en poids de la mesure de volume a été fait sur quelques exemples en faisant absorber le gaz carbonique dans un tube à boules de Liebig.

Le dispositif utilisé permet de mesurer le volume du gaz carbonique produit à tout instant : en particulier de noter la température du bain-marie au moment de l'apparition du gaz et la vitesse de son dégagement. Ces observations conduisent à quelques remarques intéressantes, surtout si l'on transporte les lectures de volume sur un diagramme en fonction de la durée.

1° Les méthylsulfates sont brûlés dès la température ordinaire.

Pour le sulfate diméthylique il faut élever la température aux environs de 80°; la vitesse de dégagement est moindre. Le chlorosulfonate de méthyle se comporte d'une manière analogue aux méthylsulfates. Les diagrammes relatifs aux mélanges de sulfate diméthylique et de chlorosulfonate de méthyle mettent en évidence *la combustion en quelque sorte fractionnée des deux substances*.

2° Dans les mêmes conditions, les dérivés éthylés, les éthylsulfates par exemple, ne sont pour ainsi dire pas oxydés. A la vérité il se produit une oxydation proportionnelle au temps si faible qu'en se plaçant dans les conditions indiquées leur présence en mélange avec les éthers méthyliques n'influence que d'une manière négligeable le dosage du carbone méthylique : c'est le cas par exemple des mélanges de chlorosulfonates d'éthyle et de méthyle où domine ce dernier.

3° Dans les éthers éthyliques des acides organiques signalés plus haut, on observe la combustion complète de l'acide accompagnée d'une combustion régulière mais très faible, presque négligeable de l'alcool. C'est ainsi que se comportent les formiate, carbonate, oxalate, malonate, salicylate et phtalate d'éthyle.

4° Comme on pouvait s'y attendre par l'emploi usuel de la solution acétochromique, l'acide acétique résiste à l'oxydation. Il se comporte à peu près comme l'alcool éthylique. *Ses éthers se comportent comme si l'acide et les alcools étaient juxtaposés.* L'acétate de méthyle se comporte comme l'alcool méthylique et l'acétate d'éthyle résiste à l'oxydation à la manière de ses constituants. L'acide succinique qu'on pourrait rapprocher de l'acide acétique se comporte cependant comme les acides oxalique et malonique aussi bien à l'état libre que sous forme d'éthers.

5° Il était intéressant d'examiner les éthers maloniques substitués dans le carbone central : la comparaison a porté sur le méthylmalonate et le diméthylmalonate d'éthyle, l'éthylmalonate et le diéthylmalonate d'éthyle. La combustion est très incomplète et il semble que, à molécules égales, le volume gazeux est le même et correspond assez grossièrement au squelette malonique, *les radicaux substitués aussi bien méthylés qu'éthylés* ne prenant pas à l'oxydation une part plus active que le radical éthylique des groupes carboxéthylés.

Conclusion. — On en conclut que la combustion sulfochromique des éthers méthyliques doit se faire par l'intermédiaire du sulfate acide de méthyle résultant de la réaction d'équilibre de l'acide sulfurique sur un éther méthylique quelconque

$$R - CO.OCH^3 + SO^4H^2 \rightleftharpoons R - COOH + SO^2(OH)(OCH^3).$$

En sorte qu'on retrouve dans tous les éthers méthyliques et éthyliques la différence de vitesse de combustion des méthyl et éthylsulfates et d'autre part la différence de vitesse de combustion des acides libres.

CHIMIE ORGANIQUE — *Préparation des acides aliphatiques par oxydation catalytique des alcools primaires.* Note (¹) de MM. **A. Mailhe** et **F. de Godon**, transmise par M. Paul Sabatier.

Dans une Communication antérieure (²), l'un de nous a montré avec M. Sabatier, qu'un certain nombre d'oxydes métalliques jouissent de la propriété de transformer, par oxydation directe en présence d'oxygène ou d'air, les alcools en aldéhydes. En 1913, Fokine a étudié l'oxydation de l'alcool méthylique au contact de certains métaux catalyseurs et aurait obtenu jusqu'à 84 pour 100 d'aldéhyde. La même année, M. Senderens a décrit les résultats qu'il a obtenus en oxydant les alcools par l'air en présence d'un certain nombre de catalyseurs, et il a trouvé que la réaction qui fournissait beaucoup d'aldéhyde et un peu d'acide était accompagnée d'une certaine destruction de l'alcool avec formation d'anhydride carbonique.

Nous nous sommes demandé s'il ne serait pas possible de diriger l'oxydation des alcools, de manière à éviter autant que possible leur destruction et à obtenir du premier coup une dose importante d'acide.

L'argent divisé, provenant de la réduction de l'oxyde, ne donne aucun résultat pratique; il s'agglomère dans le tube à catalyse. Le cuivre, issu de la réduction de l'hydrate tétracuivrique, s'est comporté comme un excellent catalyseur d'oxydation. La température à laquelle a lieu l'oxydation débute au-dessous de 220°; on atteint ainsi un rendement en acide acétique de 1 à 2 pour 100; à 220°-230°, on obtient 4 pour 100. Nous avons été amenés à élever progressivement la température jusqu'à 260°-270°. Et, dans ce dernier cas, la proportion d'acide acétique obtenu a été du premier coup de 20 pour 100 du poids de l'alcool mis en œuvre.

Puisque, à 260°-270°, on se trouve dans le voisinage de la température de la décomposition catalytique de l'alcool en aldéhyde et hydrogène, au contact du cuivre divisé, cette réaction doit se produire simultanément avec celle qui fournit l'acide. Effectivement, on constate toujours la formation d'une dose importante d'aldéhyde, dont une partie est toujours entraînée par le courant d'air, en raison de sa volatilité.

100$^{cm^3}$ d'alcool ordinaire à 95° ont été oxydés. Du liquide recueilli, l'aldéhyde et l'alcool non transformés ont été enlevés au Chenard. Le résidu a été distillé ensuite dans un ballon; la portion passant avant 110° a été séparée et le résidu cristallise par refroidissement. Nous avons pu isoler ainsi 15^g d'acide acétique cristallisable, sur 20^g qu'un dosage acidimétrique avait décelé dans le liquide catalysé.

(¹) Séance du 23 février 1920.

(²) Sabatier et Mailhe, *Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 1394.

Une seconde expérience, effectuée sur 100cm³ d'alcool, a fourni 70cm³ de liquide contenant 14g,3 d'acide acétique. Dans une troisième, nous avons transformé en acide 14,7 pour 100 d'alcool. Sur ce même catalyseur, nous avons oxydé 400cm³ d'alcool à 95°, qui ont fourni :

Les premiers	100cm³	72cm³ de liquide contenant	9g,82 d'acide acétique
Les deuxièmes	100	62 » »	16,66 »
Les troisièmes	100	68 » »	12,75 »
Les quatrièmes	100	57 » »	10,88 »

La proportion d'acide acétique obtenu, quoique très variable, a été toujours assez importante. Diverses causes permettent d'expliquer ces différences : vitesse de l'air qui entraînait des vapeurs volatiles; eau de réfrigération à température variable; chauffage irrégulier, dû à des variations de pression du gaz, pouvant produire la combustion d'une portion de l'alcool.

Enfin, une dernière expérience d'oxydation de 100cm³ d'alcool a été faite sur du cuivre neuf. Nous avons obtenu 71cm³ de liquide contenant 18g,18 d'acide acétique et 12cm³ d'aldéhyde. Il restait 40cm³ d'un mélange d'alcool-eau. Cette oxydation avait permis de transformer dans un seul passage 60 pour 100 de l'alcool.

On constate cependant qu'à la longue le cuivre ne produit plus une oxydation aussi avancée de l'alcool et que cette dernière s'arrête au stade aldéhyde. La dose d'acide formé devient de plus en plus faible et, dans certains cas, au bout de plusieurs jours de marche, elle n'a pas dépassé 3 pour 100, pendant que la quantité d'aldéhyde formée augmentait notablement.

Une légère oxydation du catalyseur lui communique une nouvelle activité. Après cette opération effectuée dans le tube même, 100cm³ d'alcool ont fourni par oxydation, 10g d'acide acétique et 11cm³ d'acétaldéhyde. Une nouvelle dose de 100cm³ d'alcool ont donné 75cm³ de liquide catalysé, contenant 5g,5 d'acide et 20cm³ d'aldéhyde.

L'*alcool propylique*, oxydé à 260°-270°, par un courant d'air, sur le cuivre qui a servi aux expériences précédentes, a fourni, sur 100cm³, 8g d'acide propionique et 22cm³ de propanal. A température un peu plus élevée (300°), nous avons obtenu 27cm³ d'aldéhyde et 5g,2 d'acide.

Sur 95cm³ d'*alcool isobutyrique*, oxydés à 270°, nous avons recueilli 75cm³ de liquide contenant 9g,2 d'acide isobutyrique et 21cm³ d'aldéhyde correspondante. L'*alcool butyrique* a fourni un résultat à peu près semblable.

Enfin, 100cm³ d'*alcool isovalérique*, soumis à l'oxydation à 260°-270°, ont fourni 82cm³ de liquide laissant séparer immédiatement 13cm³ d'eau, et ren-

fermant 8g,52 d'acide valérique et 38cm³ de valéral. La quantité d'eau formée étant bien supérieure à celle qui correspond à l'acide dosé, on doit en conclure qu'une partie de l'aldéhyde a pris naissance par oxydation directe de l'alcool.

Ces résultats montrent qu'il est possible d'obtenir les acides par oxydation catalytique des alcools primaires, au contact du cuivre divisé. Il se forme toujours une dose importante d'aldéhyde qui résulte, au moins partiellement, d'une oxydation ménagée de l'alcool mis en œuvre. La quantité condensée est d'autant plus grande que cette aldéhyde est moins volatile.

GÉOLOGIE. — *Essais de prospection électrique du sous-sol.* Note de M. C. **Schlumberger**, présentée par M. Pierre Termier.

J'ai, depuis 1912, effectué une série de recherches sur la répartition, à l'intérieur du sol, du courant électrique qui s'écoule entre deux prises de terre, dans le but d'étudier la constitution géologique des terrains et éventuellement d'y déceler la présence des minerais bons conducteurs de l'électricité.

L'étude de la répartition du courant se fait par l'établissement d'une carte donnant la valeur du potentiel électrique en chaque point de la surface du sol. Lorsque le terrain est homogène et plan, le potentiel se calcule par l'application de formules théoriques dérivant de la loi d'Ohm, de sorte qu'il est facile de tracer *a priori* la carte des potentiels. Si par contre le sol contient des hétérogénéités diverses, telles que des roches de conductibilités différentes, celles-ci affectent la répartition des filets de courant et entraînent des perturbations qui se répercutent sur la distribution des potentiels à la surface. L'examen de la carte établie sur un sol hétérogène permet donc de déterminer, dans une certaine mesure, la disposition des roches ou des minerais en profondeur. Quand des puits ou des galeries permettent les observations souterraines, il y a évidemment intérêt à compléter les renseignements recueillis au jour par des mesures de potentiel faites à l'intérieur du sol.

La technique que j'ai adoptée repose sur l'emploi du courant continu.

Celui-ci évite les sources d'erreur que donne le courant alternatif et qui proviennent de l'induction. La génératrice est un groupe électrogène débitant quelques ampères, sous une tension de 100 à 200 volts. Les deux prises de terre qui terminent

la ligne de distribution du courant sont disposées à une distance variant de quelques centaines à quelques milliers de mètres, suivant la nature du problème envisagé. La répartition des potentiels à la surface du sol et éventuellement dans les travaux souterrains est étudiée au moyen d'une courte ligne volante, qui contient un galvanomètre portatif sensible et un petit potentiomètre et qui touche le sol à ses deux extrémités par deux électrodes impolarisables. Ces électrodes sont constituées par une tige de cuivre trempant dans une solution de sulfate de cuivre, elle-même contenue dans un vase poreux qui seul est en contact avec le sol. Les électrodes spéciales sont nécessaires pour éliminer les erreurs que produirait la polarisation, si l'on touchait directement le sol humide avec des tiges métalliques.

La méthode a été appliquée dans le Calvados à l'étude du Silurien recouvert par du calcaire jurassique, en deux points (Fierville-la-Campagne et Soumont) où la stratigraphie souterraine avait été déjà bien reconnue par de nombreux sondages. Les assises siluriennes sont fortement inclinées; les couches jurassiques sont horizontales, avec une épaisseur variant de 40^m à 90^m. Malgré l'importance de ce recouvrement, qui estompe l'action des terrains profonds, les cartes des potentiels ont permis de déterminer : 1° la direction horizontale de la stratification du Silurien; 2° l'emplacement du contact des Grès Armoricains et des Schistes à Calymènes, qui constitue un horizon géologique bien défini voisin des couches de minerai de fer; 3° le passage d'une faille et l'amplitude de son rejet horizontal. Ces diverses déterminations se sont trouvées en accord avec les résultats fournis par les sondages, ou ont été vérifiées par des travaux souterrains ultérieurs.

Ces recherches ont embrassé une étendue dépassant 10^{km^2}. Les deux prises de terre ont été parfois placées à plusieurs kilomètres de distance, notamment pour le tracé de grandes courbes équipotentielles (3^{km} de développement) qui ont pu être jalonnées sur le terrain par des cheminements successifs sans que l'erreur de fermeture dépassât quelques mètres.

Les mêmes principes ont été utilisés pour l'étude des amas pyriteux. A Bor (Serbie), où le minerai cuprifère est constitué par de la covelline mélangée de pyrite avec gangue siliceuse, on a pu tracer avec une certaine précision le contour apparent du gisement, qui en projection horizontale a la forme d'une lentille elliptique peu aplatie, incluse dans une large venue d'andésite.

Au cours des recherches sur la conductibilité des amas de pyrite, j'ai observé que tous les gisements pyriteux provoquent spontanément des différences de potentiel dans le terrain encaissant, et ceci jusqu'à une distance du minerai qui peut dépasser 100^m. Il est facile d'établir la carte

de ces potentiels et l'on constate que les courbes équipotentielles relevées à la surface du sol enveloppent sensiblement le contour apparent du gisement. Les différences de potentiel atteignent au maximum quelques centaines de millivolts. Le potentiel du sol au-dessus de la pyrite est négatif par rapport à celui des régions éloignées.

Ces phénomènes semblent dus à un effet de pile, la pyrite enfouie dans le sol humide étant assimilable à un métal plongé dans un électrolyte et dont les diverses parties sont inégalement attaquées. L'énergie nécessaire à l'entretien du courant proviendrait des réactions d'oxydation, qui sont particulièrement vives dans les zones supérieures du minerai. Il est probable que les gisements vierges, où l'oxydation est faible, ne doivent manifester les mêmes phénomènes que d'une façon atténuée.

Toutes ces apparences peuvent être reproduites en laboratoire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la laminarine du* Laminaria flexicaulis. Note de Mme Z. **Gruzewska**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La laminarine est un polysaccharide qui, signalé dans les laminaires en 1885 par Schmiedeberg, trouvé ensuite dans les algues brunes en général et étudié par divers auteurs, présente d'après ces recherches les propriétés suivantes : elle est soluble dans l'eau, précipite par l'alcool, ne précipite pas par le sous-acétate de plomb, ne donne aucune coloration avec l'iode, tourne à gauche la lumière polarisée et fournit à l'hydrolyse exclusivement du glucose Schmiedeberg la classe parmi les substances analogues aux dextrines.

Krefting opérant sur une algue cueillie en hiver a obtenu un polysaccharide qui ne diffère de la laminarine que par son insolubilité dans l'eau froide ; il le considère comme une espèce chimique différente et lui a donné le nom de *Kreftine*.

J'ai repris l'étude chimique et physiologique de cette substance, dont M. Lapicque a démontré l'intérêt au point de vue de l'emploi alimentaire des algues. Je me suis servie dans mes expériences du *Laminaria flexicaulis* recueilli par M. Lapicque et traité frais par son procédé à l'eau de chaux (1). Le principe de la méthode dont je me suis servie est le suivant.

(1) Louis Lapicque, *Variation saisonnière dans la composition chimique des Algues marines* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1426).

Les algues desséchées, broyées, ont été épuisées à l'eau bouillante. Le liquide purifié par le nitrate mercurique en présence du blanc d'œuf, puis débarrassé du mercure par l'hydrogène sulfureux. Finalement la laminarine précipitée par l'alcool d'une solution limpide est incolore.

La substance ainsi préparée se présente sous forme d'une poudre blanche, incolore, insipide, se dissolvant facilement dans l'eau froide. Les solutions sont limpides et incolores. Elles ne réduisent pas la liqueur de Fehling. Elles ne précipitent ni par l'acétate, ni par le sous-acétate de plomb, mais précipitent par le sous-acétate de plomb ammoniacal. Ne se colorent pas par l'iode. Cette substance possède donc bien les caractères distinctifs de la laminarine de Schmiedeberg.

Le pouvoir rotatoire de la laminarine est gauche. Une solution de 2,6 pour 100 (cendres et eau déduite; conductivité du liquide $c = 6,8 \cdot 10^{-4}$) donne $[\alpha]_D = -17°,2$.

Cette solution, abandonnée à la température du laboratoire, précipite spontanément, mais avec une grande lenteur. Je poursuis l'étude de cette transformation; je dirai seulement ici qu'elle amène à concevoir la krepsine comme une modification de la laminarine, modification dont la nature reste à déterminer.

La laminarine passe à travers les sacs de collodion (de 2 et de 3 couches), plus lentement que le saccharose, mais infiniment plus vite que la dextrine.

La laminarine se colore en rouge par la fuchsine. On peut la mettre en évidence même dans des solutions très peu concentrées. Si l'on ajoute à une préparation microscopique une goutte de fuchsine alcoolique, la laminarine se présente sous forme d'un précipité caractéristique [analogue à celui de l'amylose (1) en présence de l'iode], coloré en rouge, qui est totalement différent de celui de l'algine (substance qu'on trouve en abondance dans les algues marines). La laminarine résiste à l'action des alcalis à 100°; par les acides elle s'hydrolyse.

L'hydrolyse est lente, comme on l'a signalé. Il faut 6 pour 100 de HCl et une demi-heure d'autoclave à 120° C. pour la transformer presque totalement en glucose. Le sucre obtenu a été déterminé par son pouvoir réducteur, et caractérisé par ses osazones, dont le point de fusion égale 232°-233° au bloc Maquenne. J'ai essayé l'action de différentes diastases sur la laminarine. Les rares recherches faites sur ce sujet sont contradictoires entre elles.

Les solutions de laminarine sont hydrolysées partiellement par l'amylase du malt, par l'invertine, par la Faka diastase, par le suc d'escargot. Par l'action combinée de l'invertine et d'amylase on peut obtenir la saccharification de plus de la moitié de la

---

(1) Mme Z. Gruzewska, *Contribution à l'étude de l'amidon* (*Journal de Physiologie et Pathologie générale*, t. 16, 1912, p. 7-41).

substance mise en expérience. Le suc pancréatique et les extraits de la muqueuse stomacale de chien sont sans action.

Les solutions de laminarine mises en contact avec des cultures pures de levures fermentent directement.

Sous l'influence d'un champ électrique de 1 volt par centimètre, la laminarine sous forme d'une condensation se porte vers le pôle positif.

A l'ultramicroscope elle présente des granulations de différentes grosseurs toutes douées de mouvement brownien.

En conclusion de cette étude préliminaire, je dirai : 1° que la laminarine ne peut, comme on l'a fait jusqu'ici, être rapprochée des dextrines dont la séparent non moins que son pouvoir rotatoire gauche, sa résistance aux acides et aux alcalis; 2° que sa digestibilité par les diastases végétales lui donne la signification d'une substance de réserve dans les algues marines.

MICROBIOLOGIE. — *Sur un champignon nouveau du genre* Aspergillus *isolé dans un cas d'onychomycose.* Note de M. **A. Sartory**, présentée par M. L. Guignard.

Poursuivant nos recherches sur les affections des ongles (onychomycoses et onychogryphoses), nous avons pu récemment découvrir, sur un Chinois travaillant en France, un champignon nouveau du genre *Aspergillus* Micheli.

Aspect du parasite dans la lésion. — En pratiquant des coupes dans l'ongle malade, dans des débris d'ongles coupés avec les ciseaux ou détachés par simple raclage avec un scalpel et traités ensuite par la solution de potasse à 40 pour 100, on a constaté sur plusieurs points une infiltration de filaments mycéliens. Tantôt ces filaments sont segmentés et paraissent constitués par une série d'articles de longueur variable et à contenu dense; tantôt au contraire cette segmentation fait défaut, les filaments sont clairs, leur contenu n'étant figuré que par quelques granules pigmentés. Ces variétés d'aspect peuvent s'observer sur un même filament, une portion segmentée faisant suite à une portion claire non segmentée.

En faisant varier le champ du microscope, on trouve des formes de souffrance représentées par des chlamydospores de dimensions variables (de 20^{μ} à 40^{μ} de diamètre), parfois terminales, assez souvent intercalaires, et quelques conidies mesurant $3^{\mu},5$ à 4^{μ}. Nous n'avons jamais observé d'organes complets de fructification.

Culture du parasite. — Le parasite a été obtenu en culture pure par la méthode des plaques sur milieu de Raulin gélosé-maltosé.

Il végète bien également sur pomme de terre ordinaire, pomme de terre glycérinée, carotte, milieu de Sabouraud, bouillon gélatiné, sur liquide Raulin saccharosé, glucosé, lactosé, maltosé, et également sur lait. Il refuse de végéter sur sérum de bœuf coagulé, albumine d'œuf et pomme de terre acide.

Aspect de la culture. — Sur Raulin gélosé-maltosé, la culture est caractéristique. Elle se traduit par une traînée grisâtre humide, qui devient brune, saillante dès le cinquième jour. Au dixième jour, la culture, en conservant le même aspect, est devenue noire; elle est surélevée, formant dans sa partie centrale une série d'élevures irrégulières, tandis que les bords sont moins élevés et moins irréguliers. Au niveau de ces bords, on voit souvent de petites traînées poudreuses brun foncé (appareils conidiens) en forme de lignes courbes concentriques plus ou moins nombreuses et séparées les unes des autres par de petits espaces vides. Examinée par sa face postérieure, cette culture présente une coloration brun foncé, qui envahit le substratum lui-même. Elle ne dégage aucune odeur de moisi. Les milieux à base d'agar additionnés de glucose, de maltose fournissent des cultures absolument semblables. Sur pommes de terre, la culture présente les mêmes caractères; toutefois la végétation est moins luxuriante.

Caractères morphologiques du champignon. — Mycélium blanc grisâtre, puis brun et noir, de $0^{\mu},6$ à $1^{\mu},5$, cloisonné, richement ramifié. Hyphe fertile courte et à paroi délicate, mesurant environ $4\text{-}5^{\mu}$ de diamètre, se renflant à son extrémité supérieure en forme de massue. Ce renflement est sphérique, de 8^{μ} à 20^{μ} de diamètre dans sa plus grande largeur. Stérigmates elliptiques, longs d'environ 6^{μ} et plus, très serrés, recouvrant la presque totalité du renflement terminal. Conidies arrondies, brunes, mesurant 3^{μ} à $3^{\mu},5$ de diamètre. Elles sont facilement détachables, alors que les stérigmates restent fixés au renflement terminal. Sclérotes et périthèces n'ont pas été observés.

Caractères biologiques. — L'*Aspergillus* que nous étudions *liquéfie la gélatine* dès le cinquième jour; sur gélose, nous ne remarquons aucune dislocation ni liquéfaction. Le lait est coagulé le douzième jour, il y a précipitation de la caséine et peptonification de cette dernière. Le glucose et le maltose sont dédoublés. Le lactose, le galactose et le saccharose sont inattaqués. Nous poursuivons à l'heure actuelle l'étude expérimentale de ce champignon.

En résumé, il ressort de nos recherches que, dans les onychomycoses vraies, il est possible d'isoler, suivant les cas, des parasites cryptogamiques appartenant aux genres *Scopulariopsis*, *Aspergillus* et *Penicillium*, sans excepter le *Trichophyton*.

L'*Aspergillus* faisant l'objet de cette Note est une espèce nouvelle que nous dédions au Dr Gratiot sous le nom d'*Aspergillus Gratioti* n. sp.

PSYCHO-PHYSIOLOGIE. — *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation pour la vision fovéale.* Note [1] de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Charles Richet.

D'après la loi de Bunsen-Roscoe, l'énergie nécessaire pour obtenir un effet photochimique donné est constante, quelle que soit la durée d'action de la lumière. Cette loi, qui a été trouvée valable pour les phototropismes végétaux et les réactions des Invertébrés à la lumière, coïncide avec la loi de A. Bréguet et Ch. Richet et de Bloch pour la vision, celle-ci n'étant vraie que jusqu'à une certaine limite de la durée d'excitation. Mais, en réalité, pour les phénomènes photochimiques il y a une variation d'énergie complexe, et l'étalement sur une durée plus longue entraîne une perte, de même que pour l'excitation électrique des nerfs (Hoorweg, Weiss). Or les recherches de Blondel et Rey sur la vision des lumières brèves ont montré qu'il fallait substituer à la loi de Bloch, et sans limite de sommation, une loi de forme linéaire, qui n'est autre que celle de Hoorweg-Weiss (en remplaçant la « quantité d'électricité » par la « quantité de lumière »).

Cependant, conformément aux résultats de Lapicque sur le nerf, Grijns et Noyons, en ne s'adressant qu'aux temps très courts (0,073 à 7σ) d'excitation lumineuse, avaient constaté que l'énergie liminaire passait par un minimum.

Conduit par mes recherches sur les temps de latence des sensations à déterminer le rôle des temps d'action, j'ai repris cette question de la relation de l'énergie liminaire (produit de l'intensité d'excitation par sa durée) avec le temps d'action : Je me suis adressé d'abord à la vision fovéale, en tenant compte de l'état d'adaptation de l'œil.

Le dispositif adopté fut le suivant : comme source de lumière, à 53^{cm} de l'œil, une plage circulaire de 2^{mm} de diamètre du diffuseur du photoptomètre recevant l'éclairement d'une lampe à filament de tungstène sous 6 volts; le flux de lumière est réfléchi à angle droit par un prisme à réflexion totale sur l'œil de l'observateur en passant par une glace sans tain inclinée à 45° et une pupille artificielle ($d = 1^{mm}$). Devant le prisme, tourne le disque à fente réglable du tachistoscope de Michotte; en outre, un volet permet de ne laisser passer le flux que pendant un démasquage du disque. La glace sans tain reçoit d'autre part et réfléchit en direction de l'œil le flux émanant d'une plage de fixation (située à 53^{cm} également) et passant en dehors du

(1) Séance du 23 février 1920.

disque du tachistoscope. Cette plage a servi à réaliser et maintenir un certain état d'adaptation de l'œil à la lumière (diffuseur de papier à 10^{cm} en avant du filament d'une lampe à incandescence de 1000 bougies). Avant l'excitation brève dont on cherchait la valeur liminaire, le sujet fixait, sur la plage d'adaptation, le centre d'un cercle ($d = 3^{mm}$) délimité par un trait de crayon au centre duquel devait se projeter l'image de la plage excitatrice; et un volet, manœuvré par le disque du tachistoscope, masquait le flux d'adaptation un temps réglable, fixé après tâtonnements à une seconde, avant le démasquage bref du flux d'excitation.

Dans l'adaptation à l'obscurité (durant un minimum de 30 minutes avant toute expérience), la fixation accommodative se faisait sur le centre d'un cercle ($d = 6^{mm}$) délimité par une strie faiblement lumineuse (épaisseur inférieure à $0^{mm},2$) dont la netteté contrôlait la fixation fovéale; et, en raison de la nécessité de maintenir un repère, le démasquage du flux excitateur se faisait cette fois sans obturation du cercle de fixation.

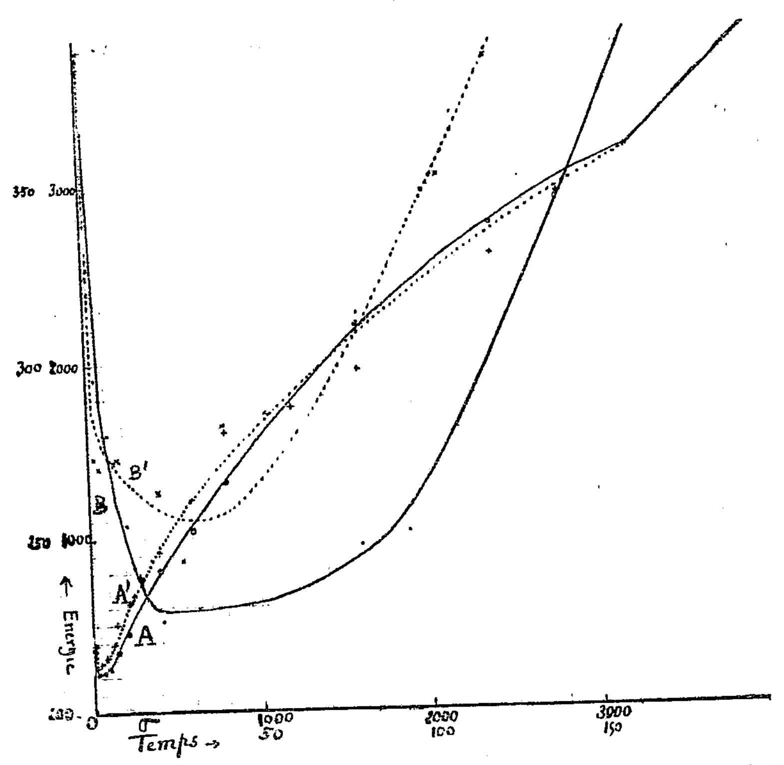
Voici les résultats obtenus chez un sujet, pour un certain nombre des durées d'excitation utilisées, dans les deux états d'adaptation (chiffres moyens de plusieurs séries de mesures). Les valeurs d'énergie représentent le produit par le temps de l'intensité mesurée en multiples du seuil de base (obtenu avec une durée d'excitation indéfinie) :

Adaptation à l'obscurité.		Adaptation à la lumière.	
Durée d'excitation (σ).	Énergie liminaire.	Durée d'excitation (σ).	Énergie liminaire.
3200	3200	3200	3200
2400	2599	2400	2772
1600	1955	1600	2208
800	1600	800	1316
600	1217	600	1040
400	918	400	820
210	631	200	459
140	508	140	348
105	353	94	250
80	314	80	247
70	292	62,5	234
40	282	31,25	229,5
20	263	20,8	226
8	272	10,4	254
5	277	5,2	280
1,33	273	2,08	296
0,66	390	1,04	367

Ces chiffres, dont la figure ci-contre donne la représentation graphique, permettent quelques précisions.

Tout d'abord, la variation de l'énergie est la même pour l'excitation des cônes de la fovéa dans les deux états d'adaptation de l'œil, à quoi on pouvait s'attendre.

Dans les deux cas, il existe bien une limite de sommation au delà de laquelle l'intensité liminaire ne s'abaisse plus si l'on augmente le temps d'action, sauf par changement d'adaptation le cas échéant, mais cette limite, difficile à préciser, est beaucoup plus élevée (environ 3 secondes) que celle qui avait été fixée par Bloch, Charpentier, Mac Dougall ($0^s,20$).



Courbe A (trait plein, valeurs expérimentales figurées par des points) : variation de l'énergie liminaire dans l'adaptation à la lumière. La portion initiale, grossie, est représentée par la courbe B.
Courbe A' (trait pointillé, valeurs expérimentales figurées par des croix) : variation dans l'adaptation à l'obscurité. La portion initiale, grossie, est représentée par la courbe B'.

Dans une très grande marge, entre 0,1 et 1 ou 2 secondes, la variation est sensiblement conforme à la loi linéaire de Blondel et Rey. Aux temps longs, il se fait un raccord avec la droite partant de l'origine, qui correspond à l'invariabilité de l'intensité liminaire. Aux temps courts, l'énergie passe par un minimum, aux alentours de 20 σ. Mais, entre 2 et 80 σ, région du minimum d'énergie, l'allure simplifiée de la variation est sensiblement conforme à la loi de Bloch (droite parallèle à l'abscisse). Enfin, aux environs de 1 σ se dessine l'ascension de la courbe, l'énergie augmente pour les temps très courts, comme l'ont établi Grijns et Noyons.

L'allure générale de la courbe montre bien que la loi de variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation lumineuse de la fovéa est complexe, et tout à fait analogue à la loi correspondante établie par Lapicque pour l'excitation électrique des nerfs moteurs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *De l'action de certains précipités sur la dissolution des globules rouges.* Note [1] de MM. **Arthur Vernes** et **Roger Douris**, présentée par M. Roux.

Dans un système destiné à dissoudre des globules rouges, il suffit d'introduire un précipité d'une certaine nature pour empêcher ultérieurement l'hématolyse.

On a remarqué que l'importance du précipité introduit peut être jugée par l'importance de l'empêchement apporté dans la dissolution des globules rouges, autrement dit par la coloration plus ou moins rouge des tubes, rapportée en fin d'expérience aux teintes d'une échelle colorimétrique.

Ce précipité, qui empêche l'hématolyse, peut être produit par un mélange de diverses substances minérales [2] ou organiques [3] avec du sérum humain, il a un aspect floconneux spécial, c'est une floculation.

Voici une expérience bien simple et particulièrement démonstrative.

1° Distribuer de gauche à droite, dans une série de tubes, du sérum humain *chauffé* 20 minutes à 55°, en quantités progressivement croissantes, $0^{cm^3},40$, $0^{cm^3},36$ $0^{cm^3},32$, $0^{cm^3},29$, et ainsi de suite, en diminuant d'un dixième jusqu'au dernier et quinzième tube, mais sous volume constant de $0^{cm^3},4$ (en ajoutant la différence en eau salée à 9 pour 1000 au moyen du rhéomètre) [4].

2° Ajouter dans tous les tubes $0^{cm^3},8$ du réactif :

Sulfocyanate d'ammonium	$0^{g},25$
Solution officinale de perchlorure de fer, $D = 1',26$; 20^{cm^3} … Eau distillée, q. s. p. f. 150^{cm^3}	4^{cm^3}
Eau salée (NaCl à 9 pour 1000), q. s. p. f.	250^{cm^3}

A ce moment et après avoir agité, la coloration rouge du réactif a disparu et l'on voit nettement ceci : dans les tubes de gauche il n'y a pas de précipité; un trouble apparaît dans les tubes du milieu, trouble qui va en augmentant et devient un précipité très abondant dans les tubes de droite.

3° Ajouter dans tous les tubes $0^{cm^3},130$ de sérum de porc (sous le volume de $0^{cm^3},8$,

(1) Séance du 23 février 1920.

(2) A. Vernes et R. Douris, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 972.

(3) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 595.

(4) Voir R. Douris et R. Bricq, *Bull. Sciences pharmaco.*, t. 25, 1918, p. 321.

après dilution avec de l'eau salée à 9 pour 1000), mettre à l'étuve à 38° pendant 15 minutes. Le précipité a disparu dans les tubes où il existait.

4° Ajouter la dose de globules de mouton, diluée dans de l'eau salée à 9 pour 1000, susceptible de donner, par hématolyse complète, la teinte 8 de l'échelle colorimétrique dans le volume total de chaque tube.

Mettre à l'étuve à 38° pendant 30 minutes.

5° Après centrifugation le résultat est le suivant : à gauche dans les tubes où le réactif sulfocyanique n'avait pas déterminé de précipité, l'hématolyse est maxima; la teinte d'hématolyse décroît ensuite de gauche à droite pour devenir nulle dans les tubes où le précipité était abondant. La teinte d'hématolyse est d'autant plus faible que le précipité était plus abondant, et peut être appréciée au moyen de l'échelle colorimétrique (1).

Si l'on emploie une dose de sérum de porc plus petite ($0^{cm^3},100$) on observe un phénomène du même genre, mais comme la dissémination des précipités consomme la totalité de l'action disséminante du sérum, on constatera la disparition du pouvoir hématolytique dans un plus grand nombre de tubes. Une dose plus grande de sérum de porc ($0^{cm^3},150$) laissera libre une fraction importante du pouvoir hématolytique, et l'hématolyse se manifestera jusqu'à l'avant-dernier tube.

Conclusions. — Cette expérience de cours très facile à réaliser montre nettement comment le sérum de porc, qui pouvait dissoudre des globules rouges de mouton, ne peut plus le faire quand on lui a fait dissoudre d'abord un précipité de sulfocyanate ferrique et de sérum humain.

Elle rend manifeste le mécanisme de certaines expériences où le degré d'hématolyse peut être utilisé pour apprécier, d'une manière indirecte et très sensible, l'intensité des plus petites floculations produites par le sérum humain [mesure colorimétrique du pouvoir floculant du sérum humain (2)].

ZOOLOGIE. — *L'exorchidie du* Mesoplodon *et la remontée des testicules au cours de la phylogénie des Cétacés.* Note de M. R. **Anthony**, présentée par M. Edmond Perrier (3).

Chez tous les Cétacés dont on a étudié jusqu'ici les organes génitaux mâles, on a constaté que les testicules occupaient pendant toute la vie une position intra-abdominale.

(1) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 500.

(2) A. Vernes, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 247.

(3) Séance du 23 février 1920.

Se basant sur la situation de ces glandes, non pas au voisinage des reins, mais beaucoup plus en arrière près de la paroi abdominale antérieure, sur le contournement exceptionnel aussi des canaux déférents, Max Weber a, en 1898, émis l'hypothèse que les Cétacés actuels étaient des enorchides secondaires, leurs formes ancestrales ayant dû présenter une descente testiculaire dont témoignent encore ces particularités.

La disposition que j'ai observée chez le *Mesoplodon* dont personne, avant moi, n'avait eu l'occasion d'étudier les organes génitaux, vient confirmer cette hypothèse au delà même de ce que l'on pouvait espérer; elle permet d'expliquer aussi un certain nombre de détails anatomiques que jusqu'ici on avait négligés, pour la raison que l'on manquait des points de repère qui eussent pu aider à les comprendre; elle constitue enfin un argument puissant en faveur de cette opinion de plus en plus généralement adoptée, à savoir que les Cétacés ont pour origine des formes primitivement terrestres qui se seraient secondairement adaptées à la vie dans les eaux.

La famille des *Ziphiidae* dont le *Mesoplodon* fait partie se montre par un ensemble de caractères le plus archaïque des groupes cétacéens actuels; et, dans cette famille, le genre *Mesoplodon* dont les formes vivantes ne semblent guère différer des formes fossiles se montre encore particulièrement primitif.

Chez le *Mesoplodon*, les testicules sont extra-abdominaux : ils sont logés dans une cavité vaginale, distincte de la cavité péritonéale générale, mais communiquant avec elle par un conduit péritonéo-vaginal long de 10^{cm} environ chez un exemplaire adulte de $3^{m},70$.

Sur l'animal non disséqué, rien ne décèle, sous les téguments, entre le sinus pénien et l'anus, région dans laquelle ils se trouvent pourtant situés, la présence des sacs vaginaux et des testicules qu'ils contiennent.

Au fond du sac vaginal, le testicule est maintenu par un gros et court *gubernaculum testis* (ce terme étant pris dans son sens large) qui s'attache à son extrémité postérieure, sans présenter aucune connexion avec la queue de l'épididyme. A partir de cette dernière qui reste distante de l'extrémité postérieure du testicule, le canal déférent passant en dehors du sac vaginal traverse obliquement la face interne du testicule pour rejoindre, après avoir décrit cette boucle, les vaisseaux spermatiques avec lesquels il remonte le conduit péritonéo-vaginal. J'ai enfin constaté chez le *Mesoplodon* la présence de vestiges du cremaster interne.

La boucle très particulière que décrit, chez le *Mesoplodon*, le canal déférent à son origine, ainsi que les particularités qui paraissent s'y rattacher

(position très antérieure qu'affecte la queue de l'épididyme par rapport à l'extrémité postérieure du testicule, absence de connexions du *gubernaculum testis* avec la queue de l'épididyme) semblent être des dispositions secondairement acquises et qui indiquent que le *Mesoplodon* présenterait déjà un début d'ascension testiculaire.

Chez les autres Cétacés, cette ascension est complète. Et c'est seulement, en les considérant comme des enorchides secondaires, que l'on parvient à s'expliquer non seulement la situation très postérieure de leurs testicules dans la cavité abdominale et le contournement exceptionnel de leurs canaux déférents, mais encore les particularités suivantes que j'ai constatées chez le *Delphinus delphis* par exemple : 1° présence de vestiges du cremaster interne, sous le péritoine, en dedans et au niveau du testicule; 2° allongement démesuré du *gubernaculum testis* dont l'extrémité antérieure dépassant le péritoine s'attache à la région antérieure et ventrale de l'os rudimentaire du bassin (insertion secondaire); 3° insertion du *gubernaculum testis* à l'extrémité postérieure du testicule, la queue de l'épididyme n'affectant avec lui aucune connexion et se continuant par un canal déférent dans les premières sinuosités duquel on reconnaît les sinuosités de la boucle caractéristique qu'il décrit chez le *Mesoplodon*.

En résumé, l'enorchidie des Cétacés actuels doit être envisagée comme résultant d'un processus d'ascension secondaire des testicules dont une des premières étapes s'observe chez le *Mesoplodon*, le plus primitif d'entre eux.

Les Carnassiers pinnipèdes adaptés comme les Cétacés à la vie dans les eaux, mais d'une spécialisation moindre, dont la provenance de Carnassiers fissipèdes à testicules externes ne saurait d'autre part être mise en doute, paraissent présenter aussi un début de la même évolution : les *Otariidae* (Pinnipèdes à oreilles externes) ont encore un scrotum rudimentaire situé immédiatement en avant de l'anus. Chez les *Phocidae* (Pinnipèdes sans oreilles externes), le testicule est déjà remonté à la région inguinale.

ZOOLOGIE. — *Le parasitisme d'*Aphiochæta (Phora) fasciata *Fallen*. Note (1) de M. **Jean-L. Lichtenstein**, présentée par M. Yves Delage.

Les espèces des genres *Aphiochæta* Brues et *Phora* Latr. vivent dans les

(1) Séance du 2 février 1920.

substances animales et végétales en décomposition; on en a signalé aussi de parasites [cf. la liste de Malloch (1912) et plusieurs cas publiés depuis], mais avec peu de précisions, ce qui a permis à quelques auteurs d'affirmer que les *Phora* (*sensu lato*) n'ont nullement des mœurs de parasites, car on peut objecter que les hôtes d'où on les a vu sortir étaient peut-être déjà malades au moment de la ponte; c'est possible, probable même pour quelques cas, mais non certain pour tous.

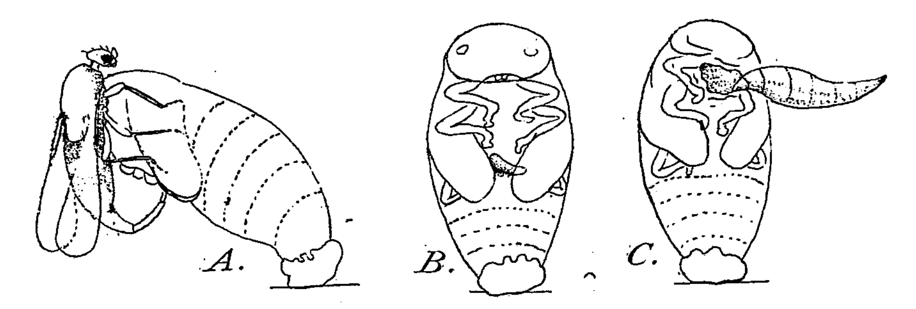
Il est tout au moins une espèce dont j'ai pu constater les habitudes parasitaires, confirmant ainsi des observations ayant paru discutables. Il s'agit d'*Aphiochaeta fasciata* Fallen.

Carpenter (in Westwood 1840), puis Rondani (1865) et H. du Buysson (1917) ont vu des larves de cet *Aphiochæta* sortir des nymphes de *Coccinella septempunctata* L., et si Martelli (1913 et 1914), qui l'a obtenu des nymphes de *Thea vigintiduo-punctata* L. et *Adonia variegata* Goeze, a essayé de solutionner la question : s'agit-il d'un nécrophage ou d'un vrai parasite? toutefois ses expériences ne sont pas concluantes.

Ces relations sont incomplètes, les auteurs ayant simplement assisté à la sortie des larves du Diptère, des nymphes de Coccinelles, mais leurs conclusions sont justes. *Aphiochæta fasciata* est un vrai parasite. Voici les faits prouvant mon affirmation.

J'avais remarqué que beaucoup de nymphes de *Thea vigintiduo-punctata* L. et de *Vibidia duodecimguttata* Poda se montraient vides, desséchées et dressées presque verticalement, avec, au-dessous de la région céphalique, un orifice, sur les feuilles de frêne où vivaient ces coléoptères, et qu'en même temps y circulaient des *Aphiochæta fasciata*, que je vis même plusieurs fois, sur les larves et nymphes. Des observations suivies m'amenèrent à des résultats indiscutables au sujet des rapports de ces insectes entre eux. Ces Diptères, comme l'a vu Martelli, se nourrissent des larves et nymphes en les suçant. Ils volent dessus, se faisant traîner s'il s'agit d'une larve, et appuyant leur trompe entre les téguments dorsaux ou les articulations, pompent les sucs internes. Le plus souvent, d'ailleurs, cela ne nuit en rien à l'évolution ultérieure de ces larves; le Diptère ne les épuise donc pas complètement. Après la fécondation, la femelle d'*Aphiochæta* va pondre sur les nymphes; il est important de noter que jamais la ponte n'a lieu sur les larves. Le parasite attend la dernière mue pour déposer son œuf; j'ai vu ainsi des *Aphiochæta*, juchés sur des larves en train de se fixer, attendre, immobiles, le dépouillement de l'exuvie, pour pondre aussitôt dès que la nymphe était mise à nu. La femelle, posée sur la nymphe, et

nullement gênée par les mouvements de celle-ci, s'agrippe latéralement avec ses pattes et, tendant fortement l'abdomen, ce qui double sa longueur, l'insinue en dessous vers le ventre, et l'on voit alors glisser un œuf, qui est déposé entre les pattes de la victime (*fig.* A). Cet œuf est donc externe,



et non à l'intérieur de l'hôte, comme le pensait Rondani; c'est, d'ailleurs, un mode de ponte général chez les Diptères parasites. Souvent le Phoride suce la nymphe avant la ponte, mais ce n'est pas toujours le cas. Plusieurs œufs peuvent être déposés sur une même nymphe. L'œuf rose, allongé, légèrement courbé et aminci à une extrémité, n'adhère pas très fortement au tégument sur lequel il est posé (*fig.* B). Il donne naissance, au bout d'un jour et demi à deux jours, à une petite larve blanche, qui pénètre aussitôt dans l'hôte en se frayant un passage à travers le tégument, habituellement en un point situé à la base d'une patte. Très rapidement, la larve grossit, se développant aux dépens des tissus de la nymphe. Si plusieurs larves pénètrent ainsi dans une nymphe, tout au plus trois à quatre peuvent, ensemble, y achever leur évolution, et, dans ce cas, les pupes sont plus petites et plus claires que d'ordinaire. En deux jours à peine, la larve a vidé l'intérieur de la nymphe, qui est alors dressée. Presque jusqu'à la fin, celle-ci conserve sa vitalité et ses mouvements. La larve parasite sort alors par une ouverture qu'elle se ménage ventralement entre la tête et le thorax (*fig.* C). Une douzaine d'heures après avoir quitté sa victime, qui, morte et desséchée, conserve à peu près sa forme normale, le parasite se transforme en pupe soit à l'air libre, soit après avoir pénétré en terre. En deux à trois semaines éclosent les imagos.

C'est là, brièvement esquissée, l'histoire évolutive d'*Aphiochæta fasciata*. J'attirerai plus spécialement l'attention sur les faits suivants : 1° Le Diptère ne pond que sur les nymphes, jamais sur les larves; 2° La nymphe, ayant reçu un œuf, demeure parfaitement vivante et pas affaiblie, qu'elle ait ou non été sucée au préalable; elle ne dépérit que peu à peu après la pénétra-

tion de la larve qui dévore les organes. Ainsi une nymphe ayant été sucée et ayant reçu un œuf qui a éclos, est devenue une Coccinelle adulte probablement parce que déjà elle était à un stade avancé au moment de la ponte. Ceci est bien la preuve de la vitalité des hôtes de l'*Aphiochæta*; ils ne sont donc nullement dépérissants; ils sont tués par les larves, mais ne seraient pas morts si pas attaqués.

Ces données témoignent d'une adaptation étroite à la vie parasitaire chez *A. fasciata;* l'espèce est spécialisée aux Coccinellides et ne pond que sur les nymphes, comme si le déterminisme de la ponte dépendait du fait qu'un œuf ne pourrait aboutir à l'éclosion, si la mue se faisait après son dépôt. Le comportement de cette espèce est la preuve qu'il existe de véritables parasites parmi les *Aphiochæta* et je me crois autorisé à m'élever contre les doutes répétés de Keilin (1911) qui tient à ce que les espèces soient toutes saprophages, attendu que les cas de parasitisme signalés reposent sur des preuves insuffisantes et que « dans ce cas il s'agit probablement d'animaux ou de végétaux atteints d'une maladie ou d'infection locale qui aurait précédé la ponte de *Phora* ». Toutes les larves de Coccinelles, venant de se transformer, que j'ai fournies aux *Aphiochæta fasciata* en élevages, ont reçu des œufs ayant évolué normalement ou, si j'enlevais les œufs, sont devenues des imagos. Est-ce à dire qu'il faille considérer toutes les larves de Coccinellides comme des malades ? Une réponse négative est si évidente que la discussion me paraît inutile, et il faut admettre que le parasitisme véritable d'*Aphiochæta fasciata*, et certainement de quelques autres espèces, est réel. C'est à présent un fait bien établi.

HISTOLOGIE. — *Quelques détails histologiques du cœur artériel de* Sepia officinalis *L.* Note [1] de M. E. Fernández Galiano, présentée par M. Edmond Perrier.

Je fais, dans cette Note, un résumé des résultats que j'ai obtenus en appliquant à des coupes à travers le cœur artériel de la Seiche les modifications de Del Río-Hortega à la méthode d'imprégnation au tannin et à l'argent ammoniacal due à Achúcarro [2]. Avec l'emploi desdites

---

(1) Séance du 16 février 1920.

(2) Del Rio-Hortega, *Varias modificaciones al méthodo de Achúcarro* (*Bol. de la Soc. españ de Biol.*, 1916).

modifications sur des coupes faites dans des cœurs très frais et fixés pendant quelques jours dans le formol neutre au 10 pour 100, j'ai réussi à mettre en évidence : 1° les épithélio-fibrilles de l'épithélium péricardique; 2° les fibres conjonctives de réticuline dans le sein du myocarde; 3° les caractères et distribution des petits faisceaux collagènes dans la même couche cardiaque (¹).

Marceau (²), qui appliqua à l'épithélium péricardique la méthode de l'hématoxyline ferrique, entrevit la présence des épithélio-fibrilles, puisqu'il affirme que le protoplasma des cellules dont l'épithélium est composé est muni de granulations, souvent alignées en files, surtout dans leur partie basilaire.

A l'aide de la première ou de la troisième modification de Del Rio-Hortega à la méthode d'Achúcarro, les coupes minces et perpendiculaires à l'épithélium péricardique laissent voir les cellules parcourues par de nombreuses épithélio-fibrilles colorées en violette, à peu près perpendiculaires au plan de la membrane épithéliale. Les épithélio-fibrilles se montrent sous forme de fils détachés, très délicats et légèrement tortueux, parcourant la cellule dès sa face interne jusqu'auprès de la cuticule. Elles s'appuient sur les fibres conjonctives de la basale par une extrémité un peu grossie, tandis que l'extrémité distale se perd vaguement dans le sein du protoplasma avant d'atteindre la cuticule. Les épithélio-fibrilles ne sont pas d'habitude uniformément distribuées dans l'épithélium, mais elles montrent une tendance marquée à se réunir en petits faisceaux ou pinceaux. Quelquefois, cependant, elles sont tout à fait isolées.

Avec la deuxième modification à la méthode d'Achúcarro, le myocarde, coloré en café plus ou moins foncé, laisse déceler un si grand nombre de fils de réticuline que l'interprétation de l'image devient très difficile. Cependant, en regardant soigneusement les préparations, on y arrive à distinguer deux sortes de fibres de réticuline entourant les fibres musculaires : 1° des fibrilles transversales à l'égard des myofibres, très fines et à peu près parallèles entre elles, qui forment un étui conectif épais entourant individuellement chaque fibre musculaire; 2° des fibres de réticuline plus grosses que les antérieures, mais rapportées avec elles, qui enveloppent plusieurs fibres

---

(¹) Fernández Galiano, *Contribución al conocimiento histológico del corazón de los Cefalópodos* (*Bol. de la R. Soc. españ. de Hist. nat.*, t. 19, 1919).

(²) Marceau, *Recherches sur la structure du cœur chez les mollusques* (*Arch. d'Anat. microsc.*, t. 7, 1904-1905).

musculaires et se ramifient de façon à former un réseau compliqué établissant des relations de solidarité entre toutes les myofibres du cœur; 3° des fibres ondulées qui suivent à peu près des lignes d'union des fibres musculaires : le rayon des ondulations est variable, de même que la grosseur et la longueur des fibres.

La distribution des fibres de réticuline dans le cœur de la Seiche ressemble donc à celle que j'avais auparavant observée dans le muscle cardiaque de l'Escargot (1).

Dans les coupes transversales du ventricule colorées à l'aide de la troisième modification à la méthode d'Achúcarro, on réussit à mettre en évidence les petits faisceaux collagènes colorés en violet foncé. En dessous de l'épithélium péricardique, on voit une couche conjonctive (représentant la coupe optique d'un plexus collagène à mailles étroites qui entoure le myocarde tout entier), laquelle donne naissance à des fibres allant vers l'intérieur, tantôt grosses, tantôt minces, qui se ramifient ou qui demeurent indivises, en perdant graduellement leurs caractères de colorabilité pour prendre ceux qui sont propres des fils de réticuline.

La surface interne du ventricule est par endroits très irrégulière : on y voit beaucoup d'échancrures et de saillies. Tous les creux sont tapissés par des paquets de fibres collagènes qui adhèrent étroitement à leurs parois et puis se continuent parmi les fibres musculaires sous-jacentes en les séparant entre elles.

Nous pouvons donc conclure à l'existence dans la plus grande partie du ventricule de deux sortes de formations collagènes, dont l'une formée par les faisceaux du plexus qui se trouve sous l'épithélium péricardique, avec leurs ramifications, et l'autre par ceux qui revêtent les anfractuosités de la surface interne de la paroi ventriculaire. Entre ces deux systèmes s'étale le réseau de fils de réticuline.

---

(1) Fernández Galiano, *Sobre la fina estructura del corazón de « Helix »* (*Treb. de la Soc. de Biol. de Barcelona*, 1917); *El tejido conjuntivo del corazón de « Helix »* (*Treb. de la Soc. de Biol. de Barcelona*, 1918); *Sur le tissu conjonctif du cœur de l'Escargot* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1065).

MÉDECINE. — *Complexes colloïdaux et sérums.* Note (¹) de M. G. **Riquoir**, présentée par M. Yves Delage.

Si l'on fait précéder une injection de sérum d'une injection de complexe colloïdal déterminé, l'effet du sérum paraît être renforcé.

Par exemple, dans des cas de choléra grave, avec pouls imperceptible, si l'on injecte un complexe colloïdal comprenant X gouttes de chlorure de magnésium à 2 pour 100, fixé sur 2^{cm^3} de bleu de méthylène saturé, on n'obtient aucun résultat appréciable; dans les mêmes cas, les injections de sérum de Salembini sont inefficaces. Mais si, chez les mêmes malades, une ou deux heures après l'injection du complexe colloïdal, on injecte du sérum de Salembini, on obtient la guérison. Ces faits ont été observés par un élève de M. Simon, ancien directeur de l'Institut Pasteur de Constantinople et par des médecins turcs, le Dr Djemal Bey, inspecteur général sanitaire, le Dr Djemil Suleyman.

Dans la tuberculose pulmonaire, à la période cachectique, si l'on injecte $0^{cm^3},25$ de sérum antituberculeux de Marmorek, on n'observe rien d'appréciable. Mais si cette même injection, à la même dose, est précédée d'une injection de $0^{cm^3},25$ d'un complexe colloïdal contenant X gouttes de permanganate de calcium à 0,50 pour 1000, X gouttes de monochlorhydrine à 1 pour 100 fixés sur 12^{cm^3} de bleu de méthylène, le malade présente une paralysie complète des membres, la tête restant indemne. Les injections n'étant pas renouvelées, la paralysie cesse, mais elle réapparaît immédiatement avec les injections combinées.

Chez des tuberculeux cavitaires, une injection de $0^{cm^3},25$ du même complexe colloïdal précédant d'une heure une injection de $0^{cm^3},25$ de tuberculine à $\frac{1}{100\,000}$ diminue l'expectoration très sensiblement, alors que les injections faites séparément n'ont rien donné.

Dans des tuberculoses osseuses, avec suppuration, sans séquestres, si l'on injecte $0^{cm^3},25$ de corps immunisants de Spengler au millionième, on n'obtient aucun résultat. Mais si, une heure avant la même injection, on injecte $0^{cm^3},50$ d'un complexe colloïdal, comprenant X gouttes de permanganate de calcium à 0,50 pour 1000, X gouttes de thiocol à 1 pour 100, X gouttes de goménol à 1 pour 1000 fixés sur du bleu de méthylène saturé, la suppuration se tarit et la plaie se cicatrise rapidement.

Dans des cancers ulcérés des lèvres, une injection d'un quart de centimètre cube de sérum antivenimeux de Calmette ne provoque aucun phénomène. De même pour une injection de 1^{cm^3} d'un complexe colloïdal comprenant X gouttes de sublimé à 1 pour 100, X gouttes de trypsine à 1 pour 100, X gouttes d'arrhénal à 5 pour 100, fixés sur 2^{cm^3} de bleu de méthylène saturé.

(¹) Séance du 23 février 1920.

Mais si l'injection du complexe colloïdal est faite 1 heure avant l'injection de la même dose de sérum, on observe une fonte rapide du néoplasme. Si l'on interrompt les injections, la prolifération recommence.

Dans le cancer ulcéré du col utérin, avec hémorragies abondantes et écoulements fétides, une injection d'un quart de centimètre cube de sérum antistreptococcique ne donne aucun résultat. Il en est de même avec une injection de 1^{cm^3} d'un complexe colloïdal comprenant la formule précédente, plus de l'extrait mammaire. Mais si l'on fait d'abord l'injection de ce complexe colloïdal, puis, 1 heure après, l'injection de sérum, les hémorragies cessent, les écoulements sont moins odorants et moins abondants. Le tout reparaît si l'on cesse les injections et s'améliore si on les reprend.

Dans ces différentes observations j'ai varié la formule des complexes colloïdaux; les nouvellles injections combinées aux sérums n'ont provoqué aucun phénomène appréciable.

Des faits qui précèdent, je crois pouvoir conclure que l'injection de complexes colloïdaux appropriés à des cas déterminés est capable d'augmenter l'action des sérums qui, dans les mêmes cas, n'ont donné aucun résultat thérapeutique.

HYGIÈNE. — *Influence de la variation de la pression barométrique sur les gouttelettes microbiennes en suspension dans l'atmosphère.* Note [1] de M. A. Trillat, présentée par M. Roux.

L'air, surtout celui des lieux habités, peut renfermer à l'état de suspension de nombreuses gouttelettes microbiennes qui ont principalement comme origine la projection de particules détachées de foyers microbiens dans diverses circonstances, notamment dans l'acte de parler ou de respirer. L'étude de tout ce qui a trait au régime de ces gouttelettes présente un intérêt au point de vue de l'hygiène, étant donné que nous vivons au milieu d'elles, et que nous les absorbons journellement en maintes occasions.

Je rappellerai qu'en opérant sur des nuages microbiens artificiels, j'ai déjà étudié, avec mes collaborateurs, l'action de divers facteurs physiques ou chimiques sur ces gouttelettes tels que la pesanteur, la chaleur, la radioactivité, l'humidité, la composition chimique de l'air, étude qui a fourni quelques renseignements sur la vitesse de chute, le rassemblement, le transport, la conservation et la multiplication de ces gouttelettes.

La présente Note a pour objet de résumer mes observations sur l'in-

(1) Séance du 23 février 1920.

fluence exercée par les variations de la pression barométrique sur les gouttelettes microbiennes en suspension dans l'atmosphère.

Sous une série de cloches de même volume placées dans les mêmes conditions d'éclairage et de température, les unes servant de témoins, les autres d'essais, on produit des nuages artificiels microbiens suivant la technique déjà indiquée ici même pour d'autres cas. Dans le présent cas, on a utilisé le *Prodigiosus* ou le *Proteus*.

La pulvérisation de l'émulsion microbienne étant faite dans des conditions identiques, on s'est assuré, dans des essais à part, que le nombre de gouttelettes en suspension sous les cloches était sensiblement le même, et par conséquent comparable pour chaque série d'expériences.

Sous chaque cloche sont placées des boîtes de Petri dont les couvercles peuvent être ouverts ou fermés de l'extérieur de la cloche au moyen d'un dispositif spécial. Le nuage étant formé, on a soin de laisser tomber les gouttelettes les plus lourdes : quand l'air, ne renfermant plus que des gouttelettes invisibles, est devenu parfaitement transparent, on provoque sous les cloches d'essais, au moyen d'un aspirateur ou d'un compresseur, une dépression ou une pression, rapide ou lente, selon le cas, de quelques millimètres de mercure.

Les boîtes de Petri des cloches d'essais et témoins sont découvertes simultanément et refermées après des laps de temps déterminés pendant lesquels elles restent ainsi exposées à l'atmosphère chargée de gouttelettes microbiennes. La numération ultérieure des colonies permet d'évaluer par un simple calcul le nombre de gouttelettes microbiennes tombées sur le sol de la cloche pendant la période d'exposition ou selon la manœuvre des couvercles, le nombre restant en suspension sous les cloches.

On peut résumer comme il suit les résultats d'un grand nombre d'expériences dans lesquelles on a étudié plus spécialement l'influence de dépressions rapides ou lentes.

La détente brusque a pour effet d'accélérer la chute des gouttelettes microbiennes et de purifier l'atmosphère en le dépouillant des germes en suspension.

Dans le cas d'une dépression lente, la précipitation est moins appréciable et se rapproche de la vitesse de chute des gouttelettes sous les cloches témoins.

Divers facteurs peuvent modifier la marche du phénomène. Ainsi le degré de pureté de l'air est susceptible d'accélérer ou de retarder la chute des goutelettes. D'autre part, l'augmentation de vitesse de chute des gouttelettes est facilitée chaque fois que la tension de la vapeur d'eau se rapproche de la tension maxima ou lorsqu'il y a sursaturation, condition éminemment favorable à la condensation.

On peut donner l'explication de ces résultats. La précipitation des gouttelettes est due vraisemblablement à l'augmentation de leur poids résultant

de la condensation instantanée de l'humidité sur leur périphérie à la suite du refroidissement qu'elles subissent sous l'influence de la détente brusque. Il est à remarquer que ce refroidissement des gouttelettes échappe complètement à l'observation par suite de sa rapidité de la non-conductibilité de l'air et de l'inertie du thermomètre.

S'il est permis d'interpréter ces résultats de laboratoire dans le domaine de la réalité, on peut supposer que les fines gouttelettes microbiennes de l'air sont précipitées de même sous l'influence de dépressions rapides, tandis que les dépressions lentes n'ont qu'une action limitée. Étant donné que les microbes peuvent jouer le rôle de noyaux de condensation, comme j'en ai fait la démonstration expérimentale, on peut supposer que la précipitation des particules microbiennes doit d'autant mieux se produire que celles-ci sont plus petites, se rapprochant ainsi, quoique de loin, de la dimension des particules ionisées de l'air auxquelles on attribue un grand pouvoir de condensation.

Je rappellerai que dans une Note antérieure (1), j'avais montré expérimentalement que la dépression barométrique créait une ambiance atmosphérique favorable à la vie des microbes en suspension dans l'air par suite de la présence de traces infinitésimales de « gaz aliments » extraits du sol par la dépression. Celle-ci aurait donc une double influence sur les microbes de l'air, agissant à la fois sur leur vitalité et sur leur tenue.

On peut conclure de tous ces essais que le jeu de la pression et de la dépression barométrique, en agissant à la fois sur la vitalité des germes en suspension dans l'atmosphère, sur leur rassemblement dans les couches inférieures et leur précipitation sur le sol, est un facteur important de la variation de la composition bactériologique de l'air.

A ce titre, cette étude peut intéresser l'hygiène et l'épidémiologie.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 18 heures trois quarts.

A. Lx.

---

(1) *Etude sur les causes du caillage du lait observé pendant les périodes orageuses* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 613).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MARS 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation des décrets, en dates des 28 février et 4 mars 1920, qui portent approbation, le premier, de l'élection que l'Académie a faite de M. **A. Michelson** pour occuper la place d'Associé étranger, vacante par le décès de *Lord Rayleigh*, le second, de l'élection que l'Académie a faite de M. **Augustin Mesnager** pour occuper, dans la Section de Mécanique, la place vacante par le décès de M. *Marcel Deprez*.

Il est donné lecture de ces décrets.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **A. Mesnager** prend place parmi ses Confrères.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une extension du groupe modulaire dans un corps quadratique imaginaire*. Note (¹) de M. **G. Humbert**.

L'extension dont il s'agit revient, au fond, à celle qu'a indiquée M. Bianchi dans son remarquable Mémoire du tome 42 des *Math. Annalen;* je la présenterai d'abord sous une forme nouvelle, d'un caractère symbolique, et j'étendrai aux formes d'Hermite, dans le groupe nouveau, les formules fondamentales que j'ai établies dans le groupe *modulaire* ordinaire du *corps* $i\sqrt{P}$; une dernière Note montrera la correspondance entre l'extension proposée et celle de M. Bianchi.

(¹) Séance du 16 février 1920.

1. Soit
$$f(x, y) = axx_0 + bx_0y + b_0xy_0 + cyy_0$$
une forme d'Hermite, à coefficients entiers, du corps $i\sqrt{P}$, où $P \equiv 1$, 2 ou 3 (mod 4); en désignant par I un idéal du corps, de conjugué I_0, par u et v deux entiers de I, j'ai observé [1] que si l'on remplace, dans f, x et y par $\frac{u}{I}$, $\frac{v}{I}$, et x_0, y_0 par $\frac{u_0}{I_0}$ et $\frac{v_0}{I_0}$, le résultat du *calcul formel*, après qu'on a écrit, au dénominateur, $\mathfrak{N}I$ (c'est-à-dire *norme* de I), au lieu de II_0, est un entier ordinaire, et cette considération s'est montrée fondamentale dans mes précédentes études.

De même, λ, μ, ν, ρ étant des entiers de I, on peut, dans f, remplacer x et y respectivement par les *expressions symboliques*
$$\frac{\lambda}{I}x + \frac{\mu}{I}y, \qquad \frac{\nu}{I}x + \frac{\rho}{I}y,$$
et x_0, y_0 par les *expressions* conjuguées $\frac{\lambda_0}{I_0}x_0 + \ldots$: le résultat formel, après qu'on a écrit, au dénominateur, $\mathfrak{N}I$ au lieu de II_0, est une forme d'Hermite *à coefficients entiers*, f', du corps $i\sqrt{P}$: cela tient à ce que les coefficients nouveaux de xx_0, xy_0, ... sont des entiers de l'idéal II_0, donc divisibles par $\mathfrak{N}I$. On dira que la *substitution symbolique* considérée *appartient* à l'idéal I.

Soit I′ un idéal de la même classe que I : les *idéaux* $\frac{(\lambda)I'}{I}$, ..., $\frac{(\rho)I'}{I}$ sont *principaux*, soient (λ'), ..., (ρ') : les λ', μ', ν', ρ' sont des entiers du corps $i\sqrt{P}$, *et de l'idéal* I′, *définis aux signes près* (en supposant que P n'est ni 1, ni 3, cas où il n'y a qu'une classe d'idéaux). Or, il est aisé de voir qu'on peut choisir les signes de manière que la substitution initiale et la substitution
$$\left| x, y; \quad \frac{\lambda'}{I'}x + \frac{\mu'}{I'}y, \quad \frac{\nu'}{I'}x + \frac{\rho'}{I'}y \right|$$
changent f en la *même* forme, f'; on s'appuie sur les relations (entre idéaux) : $\frac{(\lambda)}{I} = \frac{(\lambda')}{I'}$, ...

Dès lors, *on ne regardera pas comme distinctes les substitutions qui appartiennent respectivement à deux idéaux d'une même classe;* on pourra parler des substitutions qui appartiennent, non à un idéal, mais à une classe

[1] *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 310.

d'idéaux, et, pour les étudier, on aura le droit de choisir à volonté, dans cette classe, un idéal particulier I.

2. *Déterminant.* — Le déterminant de la substitution ci-dessus sera, par définition, $\frac{(\lambda\rho-\mu\nu)(\lambda_0\rho_0-\mu_0\nu_0)}{\mathfrak{N}^2 I}$, entier ordinaire positif. S'il est égal à 1, on aura, *entre idéaux*, la relation

$$\frac{(\lambda\rho-\mu\nu)}{I^2}\,\frac{(\lambda_0\rho_0-\mu_0\nu_0)}{I_0^2}=1,$$

c'est-à-dire que l'*idéal* $\frac{(\lambda\rho-\mu\nu)}{I^2}$ sera 1, et réciproquement. Donc I^2 est un idéal principal et I appartient à une classe *ambiguë*.

Comme toute classe ambiguë, K_r, contient des *idéaux ambigus*, on choisira à volonté l'un d'eux, A_r, et, pour obtenir les substitutions de déterminant 1 appartenant à K_r, il suffira de prendre $I=A_r$. On aura alors (en écrivant A pour A_r) $A^2=AA_0$ et $(\lambda\rho-\mu\nu)=AA_0$, d'où

$$\lambda\rho-\mu\nu=\pm\mathfrak{N}A.$$

Or, si t est le nombre des facteurs premiers distincts que renferme le *discriminant* du corps $i\sqrt{P}$, il y a, pour les idéaux, 2^{t-1} classes ambiguës, comme on sait; on obtiendra donc ainsi 2^{t-1} espèces de *substitutions de déterminant* 1, à savoir

$$\text{(S)}\qquad \left|\, x,\, y;\quad \frac{\lambda}{A}x+\frac{\mu}{A}y,\quad \frac{\nu}{A}x+\frac{\rho}{A}y \,\right|,$$

où A désigne successivement A_1, A_2, ... (idéaux ambigus, un par classe ambiguë) et où λ, μ, ν, ρ sont des entiers quelconques de A, tels uniquement que $\lambda\rho-\mu\nu=\pm\mathfrak{N}A$: *nous prendrons seulement le signe* $+$.

Pour un des A (celui qui répond à la classe principale), on a pu prendre l'idéal 1; parmi les S figurent donc les substitutions du *groupe modulaire*, G, du corps $i\sqrt{P}$.

3. *Groupe* Γ. — Les S *forment un groupe*, Γ.

Car, d'abord, si S' a la même expression que S, avec toutes les lettres (sauf x et y) *accentuées*, le calcul *formel* donne, pour SS',

$$\left|\, x, y;\quad \frac{l}{AA'}x+\frac{m}{AA'}y,\quad \frac{n}{AA'}x+\frac{r}{AA'}y \,\right|,$$

où l, m, n, r sont, par leur expression même, des entiers de l'idéal *ambigu* AA',

et satisfont à $lr - mn = \mathfrak{N}\mathrm{A}.\mathfrak{N}\mathrm{A}' = \mathfrak{N}\mathrm{AA}'$. Donc SS′ est une (S), qui appartient à AA′.

D'autre part, S, où l'on remplace λ, μ, ν, ρ par ρ, $-\mu$, $-\nu$, λ, est encore une (S), appartenant à A, soit S_1; or, on vérifie par le calcul formel, en remplaçant au dénominateur A^2 par $\mathfrak{N}A$, que SS_1 est la substitution *unité*, en sorte que S_1 est l'inverse de S.

Le groupe Γ, ainsi défini, et qui contient, comme sous-groupe d'ordre 2^{t-1}, le groupe modulaire G, se présente ainsi sous forme symbolique; ses substitutions n'offrent, dans leur expression (S), que des éléments, *nombres entiers et idéaux*, du corps $i\sqrt{P}$.

Équivalence. — Par une (S), une forme d'Hermite, f, à coefficients entiers, du corps $i\sqrt{P}$, devient (n° 1) une forme analogue f'; le discriminant est le même pour f' et f, parce que le déterminant de la (S) est 1; enfin f' devient f par la (S) inverse. On dira que f et f' sont équivalentes dans le groupe Γ, et que l'ensemble des formes équivalentes constitue une classe *étendue*.

Comme d'ordinaire, la forme (a, b, b_0, c) est proprement primitive quand, a et c n'étant pas pairs à la fois, a, b, b_0, c n'ont aucun diviseur (entier ordinaire) commun; elle est *propre* quand a et c ne sont pas pairs tous deux.

4. *Formules fondamentales.* — Si, avec cette nouvelle notion de l'équivalence, nous reprenons nos études de 1919 [1] sur les formes d'Hermite positives, une modification nécessaire se présente dès le début. Quand on cherche les classes d'Hermite, de discriminant Δ, qui donnent d'un entier positif, m, une représentation appartenant à un idéal I, on trouve les mêmes classes pour les idéaux I et IA (A = idéal ambigu) : cela tient à l'expression (S) des substitutions d'équivalence, laquelle montre que si une forme donne, de m, une représentation appartenant à I, une forme *équivalente* en donne une, appartenant à IA.

Prenant alors pour A les 2^{t-1} idéaux ambigus non équivalents deux à deux, on en conclut que le nombre trouvé pour celui des classes de discriminant Δ qui donnent des représentations de m, appartenant à un idéal I, *doit être divisé par le facteur* 2^{t-1}, et que les formules obtenues précédemment subsistent à condition d'introduire ce facteur aux dénominateurs des seconds membres.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 309, 360, 407.

De là les deux formules suivantes (Représentation et Mesure).

Supposons d'abord $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$.

Soient $f'_1, f'_2, \ldots, f'_H$ des formes d'Hermite positives, proprement primitives, choisies, une par classe, dans les classes *étendues* de discriminant donné, Δ; et soit k'_l le nombre d'automorphies (dans le groupe Γ) de f'_l;

Soient $I_1, I_2, \ldots, I_h$ les h idéaux du corps $i\sqrt{P}$ associés respectivement aux formes binaires positives, proprement primitives, réduites de Gauss, de discriminant P [1] (ou à des formes équivalentes); on aura d'abord

$$\sum \frac{1}{k'_l} f'^{-s}_l\left(\frac{x}{I_c}, \frac{y}{I_c}\right) = \frac{h}{2^{t-1}} \sum \frac{1}{n^s} \cdot \sum \frac{1}{n^{s-1}} \cdot \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi^{s-1}}\right].$$

Au premier membre, comme d'ordinaire, la somme porte d'abord sur les valeurs $1, 2, \ldots, H$ de l; puis, l étant donné, on fait successivement $c = 1, 2, \ldots, h$ et x, y désignent tous les couples d'entiers de l'idéal I_c, soumis à l'unique condition que $f'_l\left(\frac{x}{I_c}, \frac{y}{I_c}\right)$ soit premier à 2Δ.

Au second membre, n parcourt les entiers positifs premiers à 2Δ et ϖ désigne tout diviseur premier impair (> 1) de P; on fait $\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) = 0$ si ϖ divise Δ. Enfin s est une constante fixe quelconque > 2. La formule de la mesure est ensuite

$$\sum \frac{1}{k'_l} = M_1(\Delta) = \frac{1}{2^{t-1}} \frac{P\Delta}{8} \prod_{\delta} \left[1 + \left(\frac{-P}{\delta}\right) \frac{1}{\delta}\right] \prod_{\varpi} \left[1 + \left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right) \frac{1}{\varpi}\right] \prod_{r} \left[1 - \frac{1}{r^2}\right],$$

avec, pour δ, ϖ, r la signification donnée au Tome 170, 1920, page 351 des *Comptes rendus*.

Si $P \equiv 3 \pmod 4$, la première formule subsiste dans *le corps* $i\sqrt{P}$; seulement $I_1, I_2, \ldots, I_h$ désignent les idéaux du corps associés aux réduites binaires de Gauss improprement primitives, de discriminant P; dans la seconde formule, il faudra écrire 24, au lieu de 8, au dénominateur.

Enfin, pour $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$ si $\mathfrak{M}_1(\Delta)$ est la mesure de l'ensemble des classes *étendues*, positives, primitives ou non, mais propres, de discrimi-

---

(1) L'idéal *du corps* $i\sqrt{P}$ associé à la forme proprement primitive $qx^2 + 2gxy + ry^2$, de discriminant $qr - g^2$ égal à P, est celui de base $(q, g + i\sqrt{P})$. De même, à la forme improprement primitive $2q'x^2 + 2(2g'+1)xy + 2r'y^2$, de discriminant P, est associé l'idéal $\left(q', g' + \frac{1 + i\sqrt{P}}{2}\right)$. Cette définition est celle que nous avons toujours adoptée.

nant Δ (sans facteur premier impair commun avec P), on a

$$\mathfrak{M}_1(\Delta) = \frac{1}{2^{t-1}}\,\frac{P}{8}\prod_{\varpi}\left[1+\left(\frac{-\Delta}{\varpi}\right)\frac{1}{\varpi}\right]\cdot\sum d\left(\frac{-P}{d'}\right),$$

le produit portant sur les diviseurs premiers impairs (>1), ϖ, de P, et la somme sur les décompositions $\Delta = dd'$ où d' est impair.

5. *Remarque.* — Dans (S), les A_1, A_2, ... peuvent être définis comme les idéaux du corps $i\sqrt{P}$ associés aux réduites binaires et positives de Gauss, *ambiguës*, de discriminant P, *proprement* primitives si $P \equiv 1, 2 \pmod 4$, *improprement* si $P \equiv 3 \pmod 4$. Le nombre de ces réduites est toujours 2^{t-1}.

6. *Cas de l'anneau* $i\sqrt{P}$. — On définira encore par les (S) le groupe étendu correspondant, en désignant cette fois par A_1, A_2, ... les idéaux du corps $i\sqrt{P}$ associés aux réduites de Gauss ambiguës, *proprement* primitives, de discriminant P; λ, μ, ν, ρ sont toujours des entiers de A (donc de l'anneau), vérifiant $\lambda\rho - \mu\nu = \mathfrak{N}A$.

Donnons un exemple pour montrer la différence, au point de vue du groupe étendu, entre le corps et l'anneau $i\sqrt{P}$, en prenant $P = 15$.

Pour le corps, les réduites de Gauss ambiguës improprement primitives, de discriminant 15 sont (2, 1, 8) et (4, 1, 4); les idéaux associés sont $A_1 = 1$, $A_2 = \left(2, \frac{1+i\sqrt{15}}{2}\right)$; dans A_1, les λ, μ, ν, ρ ont le type $x + \frac{1+i\sqrt{15}}{2}y$, avec x, y entiers ordinaires et $\lambda\rho - \mu\nu = 1$; dans A_2, ils ont le type

$$2x + \frac{1+i\sqrt{15}}{2}y \quad \text{et} \quad \lambda\rho - \mu\nu = 2.$$

Pour l'anneau, les réduites de Gauss à considérer sont (1, 0, 15) et (3, 0, 5), d'où $A'_1 = 1$, $A'_2 = (3, i\sqrt{15})$; dans A'_1, les λ, μ, ν, ρ sont $x + i\sqrt{15}y$, $\lambda\rho - \mu\nu = 1$; dans A'_2, ils sont $3x + i\sqrt{15}y$, et $\lambda\rho - \mu\nu = 3$.

Dans le cas général, les formules ci-dessus (n° 4) subsistent, avec cette nouvelle définition des (S), c'est-à-dire du groupe étendu; dans la première formule, I_1, I_2, ..., I_h sont les idéaux associés aux réduites de Gauss, proprement primitives, de discriminant P; quant à t, c'est le nombre des facteurs premiers de P.

7. *Comme vérification, appliquons les formules fondamentales* à $P = 6$, $\Delta = 1$, $t = 2$. La seconde donne $M_1(1) = \frac{1}{4}$; la forme $xx_0 + yy_0$, qui admet

évidemment *quatre* automorphies, fournit donc la seule classe étendue, proprement primitive, de discriminant 1.

On a ensuite $I_1 = 1, I_2 = (2, i\sqrt{6}), h = 2$; pour les f_i' on a la seule forme $xx_0 + yy_0$, avec $k' = 4$; la première formule conduit alors à cet énoncé de Liouville (¹) : *le nombre de représentations de m, entier impair, par l'ensemble des deux formes quaternaires réelles* $x^2 + 6y^2 + z^2 + 6t^2$ et $2x^2 + 3y^2 + 2z^2 + 3t^2$ *est quatre fois la somme des diviseurs de m non divisibles par* 3.

NAVIGATION. — *Formes de carènes de moindre résistance à leur translation à l'air libre, à toutes les vitesses.* Note (²) de **M. F.-E. Fournier.**

La solution de cet important problème de l'art naval, que j'expose dans cette Note, et dont on trouvera une confirmation générale dans une autre, prochaine, repose sur les considérations dynamiques et expérimentales suivantes :

1. Soient $\varpi = 1026^{kg}$ le poids, en kilogrammes, du mètre cube d'eau de mer; $f = 0{,}00306$ la constante des frottements tangentiels de l'eau, par unité superficielle, sur le fer neuf fraîchement peint des carènes, sensiblement le même sur la paraffine de leurs modèles d'essais; $\eta = 0{,}011503$ le coefficient de viscosité de l'eau, à la température moyenne de $15°$; Σ la surface immergée de la carène, dont le maître-couple, de largeur principale l et de profondeur p, est à la distance δ de l'avant du plan de flottaison, de longueur L.

2. Les reliefs latéraux de cette surface Σ, de chaque côté de son *plan de dérive* qui en est la projection latérale, entretiennent, pendant la marche du navire flottant à l'air libre, par les impulsions dénivellatrices de sa proue attaquant la masse liquide sous l'*incidence effective* i, qui est la moyenne des incidences latérales maxima de ses lignes d'eau parallèles à son plan de flottaison jusqu'à la quille, une première *vague de translation divergente*, du genre solitaire. Cette vague est suivie d'*échos* également divergents flanquant, obliquement, des ondes d'oscillations transversales s'échelonnant à sa suite, à un intervalle uniforme, d'un sommet à l'autre, mais variable avec la vitesse v du navire.

(¹) *Journal de Mathématiques*, 2ᵉ série, t. **10**, p. 359.

(²) Séance du 1ᵉʳ mars 1920.

3. Mais, à cause de la viscosité de l'eau et de la convexité des reliefs de la carène, dont le maître-couple sépare directement la proue de la poupe lorsque la surface Σ est *sans partie cylindrique* (¹), le remplacement, sous les réactions latérales du milieu, dans l'espace évacué par le maître-couple, de l'eau qu'il dénivelle devant lui par refoulement *au-dessus de l'horizon*, restant insuffisant, y laisse subsister une dépression perturbatrice. Cette dépression amorce en effet, au-dessus du plan de flottaison de la poupe, une *seconde crête de translation* du même genre que la vague d'étrave et devenant également l'origine d'un deuxième train d'ondes satellites se prolongeant dans le sillage.

Or, à mesure que la vitesse augmente, les profils, au-dessus de la flottaison, des sommets de ces deux vagues de translation s'allongent à la fois en grossissant, des extrémités de l'étrave et de la poupe où ils ont pris naissance, vers le contour du maître-couple qui est, à la distance δ de l'avant du plan de flottaison, leur limite asymptotique commune vers laquelle ils tendent, de part et d'autre, tant que v croît de o à ∞, parce que les éléments superficiels de ce contour sont parallèles à la direction de la translation. De ces deux tendances antagonistes, il résulte un conflit nécessairement onéreux pour la force motrice, dans lequel prédomine l'une d'elles à partir d'une vitesse w : soit la première, favorable à la vitesse, soit la seconde, qui lui est nuisible, selon que i est plus petit ou plus grand qu'une valeur critique $i' = 10°39'40''$, dont le sinus est égal à une *constante générale*

$$\sin i' = 2^4 \eta = 0,185.$$

4. Cette vitesse w a pour expression, en fonction des caractéristiques du maître-couple δ, l, p, et du volume de carène, U, la formule

$$(1) \quad \frac{w}{\sqrt{2\delta}} = 0,81272 \left(\frac{l^3}{U}\right)^{0,17958} \left[1 - 0,40341 \left(\frac{l^3}{U}\right)^{0,52374} \left(3,176 - \frac{l}{p}\right)\left(1,9 - \frac{l}{p}\right)\right]$$

et sa propriété est d'*amener sur le contour de ce maître-couple le milieu du premier creux ondulatoire*, le plus profond de la houle satellite, après avoir fait disparaître successivement les échos de la vague d'étrave qui l'en séparaient, aux vitesses moindres.

5. Sur les carènes où $i \geqq i'$, le point le plus bas du premier creux ondulatoire n'atteint, à la vitesse w, le contour du maître-couple qu'à bout de course,

(¹) Seul cas envisagé dans cette Note.

car, à mesure que $\frac{v}{w}$ croît, de 1 à ∞, il rétrograde vers l'avant, en grossissant de plus en plus la vague d'étrave, aux dépens de la force motrice et en *continuant à maintenir, ainsi, l'horizontalité du plan de flottaison.*

6. Au contraire, sur les carènes où $i < i'$, à mesure que $\frac{v}{w}$ croît, de 1 à ∞, *l'extrémité arrière du profil du sommet de la vague d'étrave au-dessus de l'horizon* et le point le plus bas du premier creux ondulatoire continuent à s'étendre, chacun vers sa limite asymptotique dont la distance à l'avant du plan de flottaison est : δ d'une part, et $\frac{3}{2}\delta$ de l'autre. Mais pour que le point le plus bas du premier creux ondulatoire, en s'écartant ainsi de sa distance $\Delta_w = \delta$, à la vitesse w, vers sa limite asymptotique $\Delta_\infty = \frac{3}{2}\delta$, tende à s'y placer *directement au-dessous de l'extrémité de la poupe* de manière à lui permettre d'y subir son abaissement maximum en s'y enfonçant dans la partie la plus profonde de ce creux, il faut évidemment que la longueur du plan de flottaison soit précisément égale à cette limite $\Delta_\infty = \frac{3}{2}\delta$.

En d'autres termes, l'égalité $L_m = \frac{3}{2}\delta_m$ est une condition essentielle à satisfaire *dans le tracé des formes de moindre résistance d'une carène à l'étude*, où $i < i'$, pour que l'inclinaison θ de son plan de flottaison tende, à mesure que v croît, de w à ∞, à augmenter, de $\theta = 0$, à son maximum asymptotique Θ_∞, *le plus favorable à la vitesse.* Mais il faut, de plus, que ce tracé donne à l'affinement de la proue, celui qui est caractérisé par la valeur i_m de i, satisfaisant à la relation $\sin i_m = \frac{1}{2}\sin i'$; car $\sin\theta$ étant nul évidemment pour $i = 0$ et redevenant nul pour $\sin i = \sin i'$, d'après l'expérience, en passant dans l'intervalle par son maximum asymptotique $\sin\Theta_\infty$, on peut admettre, en première approximation, certainement suffisante dans le cas en question, que ce maximum a lieu quand $\sin i$, variant graduellement de 0 à $\sin i'$, atteint sa valeur moyenne intermédiaire $\sin i_m = \frac{1}{2}\sin i'$.

7. Ces considérations, dont se dégagent nettement les deux conditions à satisfaire dans le tracé des formes de la carène de moindre résistance à sa translation à toutes les vitesses,

$$L_m = \frac{3}{2}\delta_m \tag{2}$$

et

(3) $$\sin i_m = \frac{1}{2} \sin i'$$

m'ont conduit, en outre, à l'expression générale de $\sin\theta$, en fonction de la vitesse v du navire,

(4) $$\sin\theta = \left(\sin\frac{\pi}{2}\left[\sqrt{\frac{3\delta}{L}} - 1\right]\sqrt{\left(1 - \frac{w^2}{v^2}\right)\sin i(\sin i' - \sin i)}\right);$$

car elle s'annule, en effet, pour les valeurs $\sin i = 0$, $\sin i' = \sin i$, $v = w$, $\frac{\delta}{L} = \frac{1}{3}$; elle devient *imaginaire*, dans les cas où $v < w$, $\frac{\delta}{L} < \frac{1}{3}$, $\sin i > \sin i'$, en indiquant ainsi que l'inclinaison θ ne pouvant s'y produire, le plan de flottaison y conserve, à toutes les vitesses, son horizontalité; enfin, elle montre que sa limite asymptotique étant

$$\sin\theta_\infty = \left(\sin\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{3\delta}{L}} - 1\right)\sqrt{\sin i(\sin i' - \sin i)},$$

atteint son maximum,

$$\sin\Theta_\infty = \frac{1}{2}\sin i',$$

pour les valeurs de L_m, δ_m, i_m satisfaisant aux équations de condition

(5) $$\frac{\delta_m}{L_m} = \frac{2}{3},$$

(6) $$\sin i_m = \frac{1}{2}\sin i'$$

dont on déduit l'identité remarquable

(7) $$\Theta_m = i_m = 5^\circ 18' 30''.$$

8. Or, le volume de carène qui, par ses formes spéciales, peut satisfaire à ces *conditions de moindre résistance à la translation* est un *tétraèdre* ayant pour *plan de flottaison* de longueur L_m, et, pour *fond plat* incliné sur ce plan de $5^\circ 18' 30''$, *deux triangles isocèles*, adjacents par la base, d'une même largeur l, sur la poupe, et reliés, par leurs sommets, aux deux extrémités de l'arête verticale, de profondeur p, formant l'étrave de ce volume.

Ce tétraèdre, par la position relative de son centre de gravité due à ses faces triangulaires, satisfait, en effet, à la relation $\frac{\delta_m}{L_m} = \frac{2}{3}$. De plus, comme à mesure que sa vitesse grandit vers l'infini, son plan de flottaison, hori-

zontal au repos, prend une inclinaison θ, tendant vers sa limite asymptotique maximum $\Theta = 5^\circ 18' 30''$, son fond plat tend, en conséquence, à devenir horizontal, de façon à réduire ainsi à o son *effort de succion* sur la masse liquide, en même temps que *l'effort de refoulement* de la proue à équilibrer la réaction de la vague d'étrave au-dessus de l'horizon, sur la *pente minimum* de $5^\circ 18' 30''$ de son talus postérieur, compatible avec la viscosité de l'eau ($\sin 5^\circ 18' 30'' = 2^3 \eta$).

9. On s'explique alors pourquoi les constructeurs de canots de course automobiles devaient nécessairement être conduits par leurs essais à adopter, pour les carènes de ces petites unités extra-rapides, des formes se rapprochant, autant que possible, de celles du tétraèdre ainsi définies, dans les limites nécessaires pour leur conserver les avantages exceptionnels de ce type fondamental et de manière à en faire disparaître les inconvénients, c'est-à-dire, son trop faible tonnage et ses arêtes rectilignes. Il y sont arrivés par un modelage approprié dont j'ai pu apprécier l'ingéniosité, d'après un modèle récent, que je dois à l'obligeance de M. Despujolles, un de ces constructeurs les plus habiles.

10. Sur les carènes des navires de mer où, pour des raisons techniques étrangères aux questions dont dépend leur vitesse, l'usage a prévalu de placer leur maître-couple à leur milieu, c'est donc seulement en diminuant l'incidence d'attaque effective i de leur proue, le plus possible, c'est-à-dire jusqu'à la limite où cette diminution risquerait de compromettre les qualités nautiques du bâtiment dans ses luttes fréquentes à prévoir contre la mer, qu'on peut arriver à les doter des formes les plus favorables à la vitesse.

Dans une prochaine Note, je montrerai, en confirmation de ces considérations dynamiques et expérimentales, que sur cette classe de navires de mer, la résistance totale de l'eau R, à la translation de leurs carènes, et le déplacement relatif du point le plus bas du premier creux ondulatoire de leur houle satellite, varient suivant les deux équations générales :

$$R = \frac{\varpi}{2g} f \Sigma v^2 \psi,$$

$$\Delta_v = \frac{\delta}{\psi} \left[\frac{\frac{2v^2}{w^2}\left(1 + \frac{\sin\theta}{\sin i'}\right)}{1 + \frac{v^2}{w^2}\left(1 + \frac{2\sin\theta}{\sin i'}\right)} \right],$$

dans lesquelles ψ est une fonction de $\frac{v}{w}$ dont je donnerai les expressions et les limites pour les valeurs de $\frac{v}{w}$ croissant de o à ∞ et selon que $i > i'$, ou $i < i'$.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une propriété caractéristique des congruences qui appartiennent à un complexe linéaire.* Note de M. C. **Guichard.**

J'emploierai les notations suivantes : Je désigne par C le premier foyer, par D le second foyer d'une congruence rapportée à ses développables; par C_1, C_2, ... les réseaux déduits de C par la méthode de Laplace effectuée en allant de v vers u; par D_1, D_2, ... les réseaux déduits de D en allant de u vers v.

Si la congruence CD appartient à un complexe linéaire C est le pôle du plan CDD_1, de même D est le pôle du plan DCC_1. Je suppose que v varie, la droite qui joint deux positions infiniment suivies de C est la droite CC_1; la droite d'intersection de deux plans CDD_1 infiniment voisins est, d'après la théorie des tangentes conjuguées de Dupin, la droite DD_1; il en résulte que les droites CC_1 et DD_1 sont conjuguées par rapport au complexe. Or, lorsque v varie, la droite CC_1 décrit une développable dont le plan osculateur est le plan CC_1C_2; la droite DD_1 touche l'arête de rebroussement de la développable qu'elle engendre en D_1; donc D_1 est le pôle du plan CC_1C_2, d'où le résultat suivant :

Le point D_1 *est dans le plan* CC_1C_2 *et le point* C_1 *dans le plan* DD_1D_2.

Par conséquent, la droite C_1D_1 décrit une congruence (non rapportée, en général, à ses développables) qui a pour foyers C_1 et D_1 et pour plans focaux les plans CC_1C_2 et DD_1D_2; cette droite rencontrant les deux droites conjuguées CC_1 et DD_1 appartient au complexe.

Je dis que la propriété indiquée est caractéristique, c'est-à-dire que *si* C_1 *est dans le plan* DD_1D_2 *et* D_1 *dans le plan* CC_1C_2, *la congruence* CD *appartient à un complexe linéaire.* [J'exclus le cas où C_1 coïncide avec D_2 et par suite D_1 avec C_2.].

Pour établir cette réciproque j'emploie la méthode du tétraèdre mobile qui a été introduite par M. Demoulin. Je désigne par $(\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4)$ les coordonnées homogènes de D; par $(\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4)$ celles de C; par (X_1, X_2, X_3, X_4) celles de D_1; par (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) celles de C_1. En choisissant convenablement

les facteurs de proportionnabilité qui entrent dans les coordonnées de chaque point, puis les variables u et v, et enfin, en tenant compte des relations géométriques indiquées, on arrive facilement au système d'équations suivantes :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial\xi_i}{\partial u}=a\xi_i+X_i, & \dfrac{\partial\eta_i}{\partial u}=m\xi_i, \\ \dfrac{\partial\xi_i}{\partial v}=n\eta_i, & \dfrac{\partial\eta_i}{\partial v}=e\eta_i+Y_i, \\ \dfrac{\partial\xi_i}{\partial u}=\rho m\xi_i-aX_i+mY_i, & \dfrac{\partial Y_i}{\partial u}=q\eta_i, \\ \dfrac{\partial X_i}{\partial u}=p\xi_i, & \dfrac{\partial Y_i}{\partial v}=-\rho n\eta_i+nX_i-2Y_i. \end{cases}$$

En écrivant que le système (1) forme un système complet, on a les relations

$$(2)\quad \begin{cases} a=\dfrac{1}{n}\dfrac{\partial u}{\partial u}, \qquad p=mn-\dfrac{\partial a}{\partial v}, \\ e=\dfrac{1}{m}\dfrac{\partial u}{\partial v}, \qquad q=mn-\dfrac{\partial e}{\partial u}, \\ m\dfrac{\partial\rho}{\partial v}+\rho\dfrac{\partial m}{\partial v}=\dfrac{\partial p}{\partial u}+2ap, \\ -n\dfrac{\partial\rho}{\partial u}-\rho\dfrac{\partial u}{\partial u}=\dfrac{\partial q}{\partial v}+2eq. \end{cases}$$

Soient Z_{ik}, T_{ik} les coordonnées vectorielles des droites DD_1, CC_1. On a

$$Z_{ik}=\xi_i X_k-\xi_k X_i, \qquad T_{ik}=\eta_i Y_k-\eta_k Y_i.$$

En tenant compte des formules (1) on vérifie les relations

$$\frac{\partial Z_{ik}}{\partial u}=\frac{\partial T_{ik}}{\partial u}, \qquad \frac{\partial Z_{ik}}{\partial v}=\frac{\partial T_{ik}}{\partial v}.$$

Toutes les différences $Z_{ik}-T_{ik}$ restent constantes, ce qui montre que les droites CC_1 et DD_1 sont conjuguées par rapport à un complexe linéaire; la droite CD appartient à ce complexe.

Un raisonnement géométrique analogue à celui qui a été employé au début de cette Note conduit aux résultats suivants :

Les droites C_iC_{i+1} *et* D_iD_{i+1} *sont conjuguées par rapport au complexe.*

Le point C_i *est situé dans le plan* $D_{i-1}D_iD_{i+1}$, *et le point* D_i *dans le plan* $C_{k-1}C_iC_{i+1}$.

La droite C_iD_i *appartient au complexe, elle décrit une congruence qui a pour foyers* C_i et D_i *et pour plans focaux les plans* $C_{i-1}C_iC_{i+1}$ et $D_{i-1}D_iD_{i+1}$.

Application aux hélicoïdes. — On sait qu'un hélicoïde est une surface dont les normales appartiennent à un complexe linéaire. Je suppose cette surface rapportée à ses lignes de courbure; soient C son premier centre de courbure, D le second; on sait que les surfaces (C) et (D) sont aussi des hélicoïdes.

J'ai établi, d'autre part, comme application de la loi d'orthogonalité des éléments, le résultat suivant :

Si CD est une congruence de normale, les plans $C_{i-1}C_iC_{i+1}$ et $D_{i-1}D_iD_{i+1}$ sont orthogonaux.

Dans le cas particulier des hélicoïdes, on voit que la droite $C_i D_i$ décrit une congruence de normales appartenant à un complexe linéaire, par conséquent, *les surfaces* C_i *et* D_i *sont des hélicoïdes.*

Application aux réseaux de M. Wilinsky. — M. Wilinsky a étudié (*Mémoires de l'Académie de Belgique*, 1912) les réseaux tels que chacune des tangentes appartienne à un complexe linéaire. Je suppose donc que les droites CD, CC_1 appartiennent respectivement à des complexes Γ et Γ_1; DD_1, étant conjugué de CC_1 par rapport à Γ, fait partie du complexe Γ', conjugué de Γ_1 par rapport à Γ; de même, C_1C_2 appartient au complexe Γ' conjugué de Γ par rapport à Γ_1. On voit ainsi, de proche en proche, que chacune des congruences de la suite de Laplace appartient à un complexe linéaire. Tous ces complexes linéaires font partie d'un même faisceau, c'est-à-dire contiennent une même congruence linéaire H.

Cela posé, les pôles du plan CC_1C_2, par rapport aux complexes Γ et Γ_1, sont respectivement D_1 et C, donc la droite CD_1 appartient à H.

Si l'on forme la suite de Laplace d'un réseau de M. Wilinsky, les sommets de la suite sont placés de deux en deux sur une même droite Δ. *Cette droite* Δ *décrit une congruence linéaire.*

MYCOLOGIE. — *Remarques sur un Champignon rapporté par M. Loubière au genre* Trichosporium. Note (¹) de M. **Paul Vuillemin**.

Dans une Note présentée à l'Académie dans la séance du 9 février 1920, M. Loubière décrit sous le nom de *Trichosporium* sp. un Champignon isolé du fromage de Brie. Les filaments incolores portent au sommet des chlamydospores à membrane cutinisée et brune et sur leur trajet des conidies également sombres. Ce sont bien là les caractères du genre *Trichospo-*

(¹) Séance du 1er mars 1920.

rium Fr., qui ne diffère guère du genre *Sporotrichum* que par ses conidies dématiennes.

L'auteur décrit et figure, en outre, des phialides brunes, isolées ou groupées, terminées par un nombre variable de conidies de même couleur, juxtaposées en petits bouquets.

S'il n'a pas la valeur systématique des appareils reproducteurs tels que les réceptacles ascosporés ou basidiosporés, un organe aussi hautement différencié que la phialide fournit un meilleur indice d'affinité que les appareils conidiens plus semblables au mycélium. Les Phialidés forment donc un groupe relativement naturel parmi les *Fungi imperfecti*.

Par cet appareil conidien phialidé, l'espèce étudiée par M. Loubière est supérieure à tous les Sporotrichés mucédinés ou dématiés. Elle offre des analogies avec le genre *Harziella* Costantin et Matruchot. Dans ce dernier, les phialides abondent vers le sommet des filaments, tantôt éparses, tantôt serrées, rarement verticillées; les conidies sont agglutinées dans une boule de mucilage et hyalines. Les filaments, incolores chez le *Harziella capitata*, sont brunâtres ou fuligineux chez le *H. Castaneæ*, ce qui permettrait, au dire de M. Bainier. d'en faire une Dématiée. Le Champignon de M. Loubière s'en éloigne par ses conidies sombres, dont l'épispore durcit au lieu de se gélifier; la cutinisation est limitée aux spores et aux phialides, tandis que chez le *Harziella Castaneæ*, elle n'intéresse que les filaments.

Le caractère dématien n'oppose pas cette espèce aux *Harziella;* mais l'absence de mucilage ne permet pas de l'incorporer dans ce genre ni dans aucun autre genre de Glioconidiés.

Elle concorde avec les *Periconia* et les *Sterigmatobotrys* par la structure des conidies et des phialides qui ont aussi la même répartition, mais où la coloration fuligineuse s'étend aux filaments. Les spores y sont généralement isolées; pourtant elles présentent parfois une ébauche de chapelets basipètes chez le *Periconia pycnospora*.

C'est de ce côté qu'il convient de chercher les affinités du Champignon de M. Loubière, qui s'en distingue seulement par les conidies juxtaposées à la pointe des phialides et par les filaments incolores.

Toutefois, une attribution générique serait prématurée. Il est à présumer que des cultures vigoureuses dans des milieux appropriés donneront des fructifications moins rudimentaires. Nous savons seulement que c'est un Champignon qui passe par le stade inférieur des *Trichosporium*, mais qui, au lieu de s'y arrêter, atteint le niveau des Phialidés dématiés amérosporés.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de deux membres de chacune des divisions des sciences mathématiques, des sciences physiques et des applications de la science à l'industrie qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la sixième place de la Division des Applications de la science à l'industrie.

Au premier tour de scrutin, MM. **É. Picard** et **Fournier**; MM. **A. Rateau** et **H. de Chardonnet** réunissent la majorité absolue des suffrages.

Un second tour de scrutin donne la majorité à MM. **A. Lacroix** et **L. De Launay**.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Physique générale, en remplacement de M. *Blaserna*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 43,

Sir James Dewar	obtient.	39 suffrages
M. Kamerlingh Onnes	»	3 »
M. Pierre Weiss	»	1 suffrage

Sir **James Dewar**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à présenter en première ligne et de deux candidats à

présenter en seconde ligne à M. le Ministre de l'Instruction publique pour les deux places d'*Astronome titulaire* vacantes à l'Observatoire de Paris.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation des deux candidats de première ligne, le nombre de votants étant 57,

M. Irénée Lagarde	obtient	44 suffrages
M. Charles Nordmann	»	32 »
M. Jules Baillaud	»	30 »
M. Pierre Salet	»	2 »
M. Louis Fabry	»	1 suffrage

Il y a un bulletin blanc.

L'Académie décide de présenter, en première ligne, les trois premiers candidats qui ont réuni, chacun, plus de la moitié des suffrages.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation des deux candidats à présenter en seconde ligne, le nombre de votants étant 43,

M. Salet	obtient	40 suffrages
M. Lambert	»	32 »
M. Baillaud	»	12 »
M. Lagarde	»	1 suffrage
M. Nordmann	»	1 »

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . . MM. Irénée Lagarde, Charles Nordmann, Jules Baillaud.

En seconde ligne. . . . . . MM. Pierre Salet, Armand Lambert.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *L'adaptation des moteurs à explosions aux hautes altitudes*. Mémoire (1) de M. J. Villey. (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

Le moteur à explosions a été seul utilisé jusqu'ici pour la propulsion des avions, parce qu'il peut fournir des puissances massiques très supérieures,

(1) Séance du 1er mars 1920.

au moins aux basses altitudes, à celles réalisables par des moteurs à vapeur.

La masse d'air aspirée dans chaque cylindrée décroissant avec l'altitude, le couple moteur décroît à tel point qu'on a pu présenter des projets de moteurs à vapeur, non réalisés, mais très sérieusement étudiés, qui paraissaient susceptibles de concurrencer utilement, aux altitudes voisines de 10000^m, les moteurs à explosions ordinaires.

Le couple d'un moteur à explosions ordinaire, ou *normal*, se trouve réduit à la moitié de la valeur qu'il avait au niveau de la mer, quand on atteint une altitude de 5300^m environ. Une extrapolation un peu plus hasardeuse donne 10000^m environ comme l'altitude probable où il tomberait au quart de sa valeur initiale.

Pour assurer la propulsion des avions aux très hautes altitudes, on a dû en conséquence envisager de modifier les moteurs à explosions normaux, en vue de réduire, ou même d'annuler, cette diminution rapide de leur couple moteur.

Le Mémoire présenté discute les divers procédés utilisables à cet effet. Les approximations employées (calculs effectués sur le cycle théorique classique; proportionnalité du couple moteur à la pression de l'air extérieur, admise comme loi approchée, au moins jusqu'à 5300^m) ne permettent pas de prétendre à des conclusions rigoureuses *a priori*. Ces conclusions peuvent toutefois servir très légitimement de guides à une expérimentation pratique méthodique, dont elles précisent l'intérêt et la fécondité probable : C'est le but visé par cette étude.

Les divers procédés utilisables ont été succinctement énoncés dans une Note présentée le 12 janvier dernier à l'Académie (t. 170, 1920, p. 171). Si on laisse de côté le procédé par enrichissement de la cylindrée en oxygène, qui ne paraît pouvoir fournir pratiquement que des augmentations momentanées, et d'ailleurs très limitées, du couple moteur à haute altitude, ils sont des applications de deux principes différents :

1° Prendre un moteur normal (c'est-à-dire un moteur de basse altitude), et lui adjoindre des dispositifs auxiliaires lui assurant, jusqu'à une certaine altitude z un remplissage égal, en masse, à celui du sol (*moteurs suralimentés*);

2° Étudier des moteurs spécialement conçus pour le fonctionnement à l'altitude z, en conservant aux diverses pièces les mêmes résistances que dans le moteur normal, mais en modifiant les caractéristiques géométriques de sa cylindrée, c'est-à-dire :

a. Soit son volume, pour compenser la diminution de densité et réaliser la même masse que dans le moteur normal au sol (*moteurs allégés*);

b. Soit son coefficient de compression volumétrique, porté à des valeurs incompatibles avec le fonctionnement à pleine admission au sol, pour compenser partiellement la réduction en masse par une augmentation du rendement thermique. (Les *moteurs surcomprimés à limitation d'admission*, les *moteurs surcomprimés à injection d'eau*,

les *moteurs à compression variable*, les *moteurs à compression et course variables* appliquent cette dernière méthode, et diffèrent par les procédés employés pour permettre le fonctionnement aux altitudes inférieures à z.)

Deux de ces procédés seulement ont été effectivement mis en pratique : la surcompression avec limitation d'admission et la suralimentation; mais ils n'ont été appliqués jusqu'ici que pour des altitudes assez basses.

Dans la réalisation des moteurs surcomprimés, on n'a guère dépassé, pour des raisons de sécurité surtout liées aux conditions d'utilisation pendant la guerre, la valeur $z = 2000^{m}$ (altitude pour laquelle l'admission totale donne une pression d'explosion égale à celle du moteur normal fonctionnant au sol à l'admission totale).

Dans la réalisation des moteurs suralimentés, on atteint à peine la valeur $z = 4000^{m}$ (altitude pour laquelle on peut encore obtenir une masse de cylindrée égale à celle du sol). On est actuellement limité par le rendement des turbo-compresseurs.

La solution du moteur allégé paraît susceptible de réaliser jusqu'à des altitudes très élevées, au prix de surcharges assez réduites, un couple égal à celui du moteur normal au sol. On sera arrêté seulement par l'allumage défectueux de mélanges trop peu denses : l'expérience montre qu'avec les remplissages et compressions actuels des moteurs normaux, l'altitude limite ainsi définie est certainement supérieure à 6000^{m}. L'application pratique de cette solution est subordonnée à la mise au point de limiteurs automatiques d'admission assurant une sécurité complète dans le vol aux basses altitudes.

Toute la discussion donne beaucoup à espérer d'expérimentations et de recherches méthodiques qui restent presque entièrement à réaliser.

Le tableau comparatif des bénéfices probables réalisables par les divers procédés, évalués (au moyen des approximations rappelées plus haut) pour des moteurs adaptés à l'altitude $z = 5300^{m}$, a été donné dans la Note du 12 janvier déjà visée ci-dessus. Cette altitude constitue à peu près l'altitude maximum courante de l'aviation actuelle.

Aux altitudes nettement supérieures, et voisines de $10\,000^{m}$, qu'utilisera peut-être l'aviation de demain, le moteur d'aviation, convenablement adapté, paraît pouvoir conserver le rôle prépondérant qu'il a joué, sous sa forme normale, aux altitudes basses et moyennes. Il importe toutefois pour cela que soit mis au point l'accessoire indispensable de sa bonne utilisation sur avions à altitudes variées, c'est-à-dire l'hélice à pas variable, complétée par une démultiplication mécanique variable.

On sera amené sans doute, non seulement à pousser, aux limites de ce qu'ils peuvent donner, les divers procédés d'adaptation séparément envisagés, mais aussi à les combiner.

La surcompression, qui augmente les efforts instantanés plus rapidement que les efforts moyens, est incompatible avec l'allégement, qui vise à réaliser un couple moteur constant, sous le poids minimum possible.

Par contre, rien ne s'oppose *a priori* à l'emploi de la suralimentation appliquée en prenant comme point de départ non plus le sol, mais l'altitude d'adaptation d'un moteur surcomprimé, ou l'altitude limite de bon allumage d'un moteur allégé.

Des renseignements précieux ont été fournis, pour cette étude, par la documentation que le capitaine Vallage et le sous-lieutenant Devillers, ingénieurs à la Section technique de l'Aéronautique militaire, ont constituée, pendant la seconde moitié de la guerre, sous la direction du commandant Martinot Lagarde.

CORRESPONDANCE.

M. A. **Fowler**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les richesses économiques de l'Alsace-Lorraine*, par Edmond Théry. Préface du général R. Bourgeois. (Présenté par M. A. Haller.)

2° A. Badoureau, *Causeries philosophiques*. (Présenté par M. L. Lecornu.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de translation applicables l'une sur l'autre*. Note [1] de M. **Bertrand Gambier**.

Cherchons un couple de surfaces de translation S, S_1 applicables l'une sur l'autre, de sorte que les deux réseaux de translation C et Γ tracés sur S s'appliquent, courbe par courbe, respectivement sur les deux réseaux de translation C_1 et Γ_1 de S_1.

[1] Séance du 1er mars 1920.

J'écarte le cas banal où S_1 est égale à S ou à la symétrique de S, le cas banal où S et S_1 sont deux cylindres appliqués génératrices sur génératrices et enfin le cas intéressant, mais classique, où S et S_1 sont deux surfaces minima associées.

On obtient *quatre* groupes de solutions; les surfaces du premier ou second groupe dépendent de trois ou deux constantes arbitraires et de deux fonctions arbitraires d'une variable, et à une telle surface S correspond, en négligeant les déplacements et symétries, *une seule* surface S_1. Dans les deux derniers groupes, on obtient, au contraire, une *déformation continue* de la surface S.

L'énoncé géométrique est remarquable de simplicité : *il est nécessaire et suffisant que les indicatrices des courbures de* C *et* Γ *soient des coniques sphériques homofocales distinctes* (*accidentellement réduites à un cercle ou un point*). S *et* S_1 *peuvent être orientées de sorte que* C *et* Γ_1 *aient même indicatrice, ainsi que* C_1 *et* Γ.

La donnée des coniques sphériques (a) et (b) en question permet d'écrire explicitement les équations paramétriques de S et S_1, dégagées de tout signe de quadrature, sauf pour l'exemple de déformation continue relatif au quatrième groupe.

Pour le premier groupe, ni (a) ni (b) ne se réduit à un grand cercle. Si (a) et (b) ont été choisies arbitrairement et réelles, il leur correspond une infinité de surfaces réelles S, à réseau C et Γ réels; à chaque surface S correspond une surface unique S_1 et alors si (a) et (b) sont non sécantes, S_1 est réelle et à chaque point réel M de S correspond un point réel M_1 de S_1; si, au contraire, (a) et (b) sont sécantes, S_1 sera en général imaginaire, mais il est possible de s'arranger pour que S_1 elle-même soit réelle comme S; à un point réel de S correspond dans l'application un point imaginaire de S_1 et inversement. Enfin on peut prendre pour (a) et (b) deux coniques homofocales imaginaires conjuguées et obtenir des surfaces S, S_1 réelles toutes deux, à réseaux de translation imaginaires, applicables totalement l'une sur l'autre, point réel sur point réel.

Pour le second groupe, (a) est une conique sphérique réelle quelconque, (b) l'un des trois cercles principaux de (a). Cette conique (a) peut être considérée comme *ellipse*, et non *hyperbole*, par rapport à deux foyers F, F' convenablement associés. Le cas où (b) est le grand cercle dont le plan est soit parallèle à FF', soit perpendiculaire au milieu de FF', est le cas limite des solutions du premier groupe correspondant à deux coniques, soit non sécantes, soit sécantes, avec les mêmes particularités de réalité ou applica-

tion. Si (b) est le grand cercle contenant FF′, il n'y a que les points réels de S ou S_1, engendrés par les points de Γ ou C_1 correspondant au plus petit arc de grand cercle FF′, qui aient un homologue réel sur l'autre surface.

Le troisième groupe est relativement banal, S et S_1 sont *deux cylindres quelconques* développés sur un même plan P, de sorte que les génératrices développées se coupent sous un angle non nul : on associe les points M et M_1 de S et S_1 qui recouvrent un même point m de P.

Le quatrième groupe correspond au cas où (a) et (b) sont deux grands cercles orthogonaux. J'écris les formules de ce cas :

$$\mathrm{S}\left\{\begin{array}{l} x = \int \sin\theta\, \mathcal{F}(\theta)\, d\theta \qquad + \int \sin\theta_1\, \mathcal{F}_1(\theta_1)\, d\theta_1, \\ y = \int \cos\theta\, \mathcal{F}(\theta)\, d\theta, \\ z = \qquad\qquad\qquad\qquad \int \cos\theta_1\, \mathcal{F}_1(\theta_1)\, d\theta_1; \end{array}\right.$$

$$\mathrm{S}_1\left\{\begin{array}{l} x_1 = \mu \int \sin\theta\, \mathcal{F}(\theta)\, d\theta \qquad + \frac{1}{\mu} \int \sin\theta_1\, \mathcal{F}_1(\theta_1)\, d\theta_1, \\ y_1 = \int \sqrt{1-\mu^2\sin^2\theta}\, \mathcal{F}(\theta)\, d\theta, \\ z_1 = \qquad\qquad\qquad\qquad \int \sqrt{1-\frac{\sin^2\theta_1}{\mu^2}}\, \mathcal{F}_1(\theta_1)\, d\theta_1. \end{array}\right.$$

μ est une constante réelle arbitraire, de sorte que nous avons une déformation continue de S où le réseau conjugué de translation ne cesse d'être conjugué; considérées à ce point de vue, les surfaces de ce quatrième groupe ont déjà été signalées, je crois que c'est M. Bianchi qui les a découvertes. Les courbes C et Γ sont dans deux plans rectangulaires; un résultat géométrique curieux est que C et C_1, tournant autour de Oy, engendrent deux surfaces de révolution applicables l'une sur l'autre; de même Γ et Γ_1 en tournant autour de Oz. Si $\mathcal{F}(\theta)$ et $\mathcal{F}_1(\theta_1)$ sont réelles et si μ est réel, S et S_1 sont réelles, mais seuls les points réels de S satisfaisant à

$$\sin^2\theta < \frac{1}{\mu^2} \quad \text{ou} \quad \sin^2\theta_1 < \mu^2$$

ont un homologue réel, de sorte que, si μ devient ou très petit ou très grand, la portion de S effectivement applicable sur S_1 devient de plus en plus réduite. Si l'on prend

$$\mathcal{F}(\theta) = \sin\theta\cos\theta\,\mathrm{P}(\sin^2\theta) \quad \text{et} \quad \mathcal{F}_1(\theta_1) = \sin\theta_1\cos\theta_1\,\mathrm{P}_1(\sin^2\theta_1),$$

où P et P_1 sont deux polynomes entiers quelconques réels, on obtient des surfaces algébriques unicursales réelles; dans ce cas particulier on voit immédiatement que si μ est imaginaire pure, les valeurs réelles de θ et θ_1 donnent sur S_1 un point imaginaire, mais que si θ et θ_1 sont imaginaires pures, le point de S_1 est réel, de sorte que l'on retrouve des surfaces réelles applicables uniquement point réel sur point imaginaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la famille complète dérivée de la famille des ensembles « bien définis »*. Note de M. **Maurice Fréchet.**

1. M. Sierpinski a récemment présenté (¹) une intéressante définition descriptive des ensembles mesurables au sens de M. Lebesgue. Il attire en particulier l'attention sur la condition suivante qu'il appelle condition V : si E est un ensemble mesurable (de mesure nulle), tout sous-ensemble de E est mesurable (et de mesure nulle). Cette condition, remplie quand on entend la mesure au sens de M. Lebesgue, ne l'est pas si l'on appelle ensemble mesurable ce que M. Borel appelle ensemble bien défini et M. Lebesgue ensemble mesurable (B).

2. Je voudrais rappeler que j'avais déjà insisté sur l'importance de cette condition, non seulement pour les ensembles linéaires, mais pour des ensembles plus généraux dans mon article *Sur l'intégrale d'une fonctionnelle étendue à un ensemble abstrait*, paru en 1915 dans le *Bulletin de la Société mathématique de France* (t. 43, p. 15).

En généralisant certaines notions introduites par Lebesgue et Radon, j'appelai famille additive d'ensembles une collection d'ensembles telle que si $E_1, E_2, \ldots, E_n$ appartiennent à cette collection, il en soit de même de $(E_1 - E_2)$ et de $(E_1 + E_2 + \ldots)$; puis fonction additive d'ensembles, une fonction $f(E)$ définie sur une famille additive d'ensembles et telle que sur cette famille

$$f(E_1 + E_2 + \ldots) = f(E_1) + f(E_2) + \ldots,$$

pourvu que les ensembles $E_1, E_2, \ldots$ soient deux à deux sans éléments communs.

Ceci étant, j'appelai famille F *complète* relativement à une fonction additive $f(E)$ définie sur la famille F additive d'ensembles une famille additive d'ensembles à laquelle appartient tout ensemble sur lequel la variation totale de f est nulle [dans le cas où $f(E)$ reste $\geqq 0$, cas qui nous intéresse seul ici, cette variation totale de f est identique à f].

(¹) *Sur une définition axiomatique des ensembles mesurables* (L) (*Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie*, série A, 8 juillet 1918).

J'appelai aussi famille dérivée d'une famille F additive d'ensembles relativement à une fonction f additive sur cette famille F une certaine famille F' qui comprend non seulement F, mais tous les ensembles qui sont sous-ensembles d'ensembles appartenant à F et sur lesquels la variation totale de F est nulle.

On en déduit aussi une sorte de « prolongement » de f de la famille F à la famille F'.

Ceci étant, le résultat obtenu par M. Sierpinski peut s'énoncer ainsi :

Les ensembles mesurables au sens de M. Lebesgue forment la famille complète F' *dérivée de la famille* F *des ensembles mesurables* (B); *la mesure au sens de M. Lebesgue est la fonction additive d'ensembles qu'on obtient par le prolongement de la mesure définie sur les ensembles mesurables* (B).

Dans cet énoncé, les mots « famille complète dérivée » et « prolongement » doivent être entendus au sens précis indiqué dans mon Mémoire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de l'hypercylindre parabolique.* Note (1) de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

La fonction $D_n(z)$ dite du cylindre parabolique, apparaît dans la question suivante : Si dans l'équation de Laplace $\Delta V = 0$ à trois variables on fait le changement

$$x = uv, \qquad y = \frac{u^2 - v^2}{2}, \qquad z = z,$$

qui introduit comme surfaces coordonnées les plans horizontaux $z = C$ et les cylindres paraboliques à génératrices verticales $u = C$, $v = C$, on obtient une équation différentielle du second ordre, dont une solution est donnée par

$$V = \cos mz\, D_n(u\sqrt{2m})\, D_{-n-1}(\bar{v}\sqrt{2m}),$$

la fonction $D_n(z)$ étant solution de l'équation différentielle

$$y'' + \left(n + \frac{1}{2} - \frac{z^2}{4}\right) y = 0. \tag{1}$$

Cette équation étant un cas limite de l'équation hypergéométrique de Gauss, la fonction du cylindre parabolique peut être rattachée à la fonction de Gauss. Nous nous proposons de montrer comment le problème analogue, dans l'espace à quatre dimensions, peut également être résolu-

(1) Séance du 1er mars 1920.

par un cas limite d'une des fonctions hypergéométriques à deux variables de M. Appell.

I. Dans l'équation de Laplace $\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial t^2}=0$, faisons le changement de variables

$$x = uv\cos\varphi,$$
$$y = uv\sin\varphi,$$
$$z=\frac{u^2-v^2}{2},$$
$$t=t.$$

Les hypersurfaces $t=\text{C}$ et $\varphi=\text{C}$ sont des hyperplans; quant à $u=\text{C}$ et $v=\text{C}$, ce sont des hypercylindres parallèles à l'axe des t, ayant pour base dans l'espace des xyz des paraboloïdes de révolution; nous dirons donc que ce sont des hypercylindres paraboliques. On est alors conduit à l'équation différentielle

$$0 = uv\left(\frac{\partial^2 \text{V}}{\partial u^2}+\frac{\partial^2 \text{V}}{\partial v^2}\right)+v\frac{\partial \text{V}}{\partial u}+u\frac{\partial \text{V}}{\partial v}+\frac{u^2+v^2}{uv}\frac{\partial^2 \text{V}}{\partial \varphi^2}+uv(u^2+v^2)\frac{\partial^2 \text{V}}{\partial t^2}$$

dont une solution sera

$$\text{V}=\cos m\varphi\cos nt\,\text{U}(u,v),$$

la fonction à deux variables U, que nous appellerons *fonction de l'hypercylindre parabolique*, étant définie par l'équation différentielle unique

$$(2)\qquad \frac{\partial^2 \text{U}}{\partial u^2}+\frac{\partial^2 \text{U}}{\partial v^2}+\frac{1}{u}\frac{\partial \text{U}}{\partial u}+\frac{1}{v}\frac{\partial \text{U}}{\partial v}-m^2\left(\frac{1}{u^2}+\frac{1}{v^2}\right)\text{U}-n^2(u^2+v^2)\text{U}=0.$$

II. Partons alors de la fonction hypergéométrique à deux variables

$$\text{F}_2(\alpha,\beta,\beta',\gamma,\gamma',x,y)$$

et formons les équations aux dérivées partielles vérifiées par

$$z=x^{\mu+\frac{1}{2}}y^{\nu+\frac{1}{2}}e^{-\frac{x+y}{2}}\text{F}_2\left(\mu+\nu+k-1,\,t,\,t,\,2\mu+1,\,2\nu+1,\,\frac{x}{t},\,\frac{y}{t}\right).$$

Faisons ensuite tendre t vers l'infini, nous obtenons pour z les équations

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} &x^2r-qxy+z\left(-\frac{x^2}{4}-\frac{xy}{2}+kx+\frac{1}{4}-\mu^2\right)=0,\\ &y^2t-yxy+z\left(-\frac{y^2}{4}-\frac{xy}{2}+ky+\frac{1}{4}-\nu^2\right)=0.\end{aligned}\right.$$

Remarquons que, pour $y = 0$, $\nu = \frac{1}{2}$, on est ramené à l'équation unique

$$x^2 x'' + z\left(-\frac{x^2}{4} + kx + \frac{1}{4} - \mu^2\right) = 0$$

qui est l'équation différentielle vérifiée par la fonction $W_{k,\mu}(x)$ introduite par M. Whittaker ([1]) comme cas limite de la fonction de Gauss. Par analogie, nous désignerons $W_{k,\mu,\nu}(x, y)$ la solution des équations (3) qui se réduit à $W_{k,\mu}(x)$ pour $y = 0$, $\nu = \frac{1}{2}$.

Faisons alors dans cette fonction très générale $k = 0$, $\mu = \nu = \frac{m}{2}$, et remplaçons x et y par $\frac{nx^2}{2}$, $\frac{ny^2}{2}$. On trouve aisément que la fonction

$$W_{0,\frac{m}{2},\frac{m}{2}}\left(\frac{nx^2}{2}, \frac{ny^2}{2}\right)$$

vérifie l'équation

$$r - \frac{p}{x} - nqy + z\left(-\frac{n^2x^2}{4} - \frac{n^2y^2}{2} + \frac{1-m^2}{x^2}\right) = 0$$

et l'équation analogue. Posant alors

$$U(x, y) = \frac{1}{xy} e^{-\frac{n}{4}(x^2+y^2)} W_{0,\frac{m}{2},\frac{m}{2}}\left(\frac{nx^2}{2}, \frac{ny^2}{2}\right),$$

nous verrons que U vérifie les équations

$$r + p\left(nx + \frac{1}{x}\right) - nqy + U\left(-n^2y^2 - \frac{m^2}{x^2}\right) = 0,$$

$$t + q\left(ny + \frac{1}{y}\right) - npx + U\left(-n^2x^2 - \frac{m^2}{y^2}\right) = 0$$

et par conséquent aussi l'équation unique obtenue en ajoutant ces deux équations, et qui n'est autre que l'équation (2). On voit ainsi comment les fonctions de l'hypercylindre parabolique se rattachent aux fonctions hypergéométriques de deux variables. L'équation de Laplace où l'on fait le changement de variables considéré admet donc des solutions du type

$$V = \frac{\cos m\varphi \cos nt}{uv} e^{-\frac{n}{4}(u^2+v^2)} W_{0,\frac{m}{2},\frac{m}{2}}\left(\frac{nu^2}{2}, \frac{nv^2}{2}\right).$$

([1]) *Bulletin American Math. Soc.*, t. 10.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème d'itération.* Note (¹) de M. **Renaux**, présentée par M. Appell.

L'étude des singularités des fonctions fondamentales, qui proviennent d'équations intégrales à noyaux imaginaires et relatives à des contours fermés, est extrêmement complexe. Mais, avec certaines restrictions concernant ces contours, on est alors conduit à une itération toute spéciale, sujet de cette Note.

Soit $z = \varphi(u)$, une fonction de u, uniforme dans tout le plan et considérons l'équation définie par

$$[\varphi(U) - \varphi(u)] : (U - u) = 0. \quad (1)$$

Théorème I. — *Si, pour une valeur* $u = u_1$, *l'équation* (1) *admet une suite* U_1, U_2, U_k, ... *de racines en nombre fini ou infini (infini lorsque* φ *possède un ou plusieurs points essentiels), chaque racine étant répétée autant de fois que l'indique son degré de multiplicité, et si l'on pose* $U = U_k$, *l'équation* (1) *en* u *admet comme racines la suite précédente où une seule des racines égales à* U_k *est remplacée par* u_1.

En général, les racines U sont simples, sauf lorsque la suite des racines U comprend une ou plusieurs valeurs ξ telles que la dérivée $\varphi'(\xi) = 0$; u_1 est, soit une racine ξ, soit une racine ζ de l'équation (1) en u où U est égalé à une racine ξ. Sous certaines conditions, il peut exister des racines simples ζ, points critiques effectifs des déterminations de la fonction U définie par (1), qui jouent un rôle extrêmement important dans notre problème d'itération.

Astreignons maintenant $\varphi(u)$ à être de la forme $u[1 + \psi(u)]$, $\psi(u)$ étant développable en série de puissances positives de $\frac{1}{u}$, convergente pour $|u| > R$. A chaque cercle $|u| = \rho =$ const. correspond, pour z, une courbe de niveau qui ne se coupe pas elle-même dès que ρ est supérieur à une certaine valeur $\rho_0 \geqq R$. En vertu des propriétés de la représentation conforme, nous énonçons :

Théorème II. — *L'équation* (1) *ne peut pas avoir de racines* U *à l'extérieur du cercle* $|u| = \rho_0$, *lorsque la variable* u *est elle-même à l'extérieur. Une seule racine* U *extérieure est possible si* u *est à l'intérieur du cercle.* Cela posé,

(¹) Séance du 1er mars 1920.

remplaçons, dans l'équation (1), U et u respectivement par ρV et $\frac{\rho}{\varphi}$; on fait ainsi correspondre à l'ancien cercle de rayon ρ un cercle de rayon 1. La nouvelle équation définit une suite de déterminations V ou substitutions, fonctions de φ, à savoir $F_1(\varphi), F_2(\varphi), \ldots, F_k(\varphi), \ldots$. Notre problème d'itération est le suivant : *Etant donné un point φ quelconque, on prend le symétrique φ' de φ par rapport à l'axe Ox des quantités réelles et l'on applique à φ' toutes les substitutions* F; *on prend par rapport à Ox les symétriques de tous les points ainsi obtenus et on leur applique toutes les subtitutions* F *et ainsi de suite. On se propose d'étudier la répartition de tous les points après un nombre fini ou infini de semblables opérations.*

Pour éviter ici certaines longueurs, nous énoncerons les résultats lorsque l'on prend pour $\varphi(u)$ une fraction rationnelle. On obtient une décomposition relativement simple de l'intérieur du cercle γ_0 de rayon $|u| = 1$, symétrique par rapport à Ox, en appliquant d'abord à ses points toutes les substitutions F. Il en résulte un ensemble γ_1 de courbes fermées en nombre fini, auxquelles on applique encore le procédé d'itération ci-dessus indiqué. En opérant de proche en proche, on obtient des ensembles de courbes $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots$. L'ensemble γ_n, $n \geqq 1$ délimite un domaine (γ_n) intérieur à γ_n, qui peut être composé de différentes aires ne se repliant pas sur elles-mêmes et n'empiétant pas les unes sur les autres. Cette propriété est une conséquence du théorème II. De plus, tout l'ensemble γ_n, $n \geqq 1$ est intérieur à γ_{n-1} et sans point commun. Si l'on désigne par (γ_{n-1}, γ_n) le domaine à l'intérieur de γ_{n-1} et extérieur à γ_n, notre procédé d'itération donne les points du domaine (γ_n, γ_{n+1}). *Quand n augmente indéfiniment, on obtient un ensemble* Γ *qui jouit de la propriété d'être reproduit quand on applique à son symétrique toutes les substitutions* F. La composition de Γ est très complexe et dépend essentiellement de la position de certains points critiques. On peut avoir exclusivement un ensemble infini et discontinu de points; mais également soit un ensemble infini de points et de domaines, soit un ensemble infini de points, de lignes et de domaines, soit un ensemble infini de domaines. Nous désignons plus particulièrement par Γ la frontière en y comprenant les ensembles infinis de points et par (Γ) tout l'ensemble.

Appelons $\gamma_{-1}, \gamma_{-2}, \ldots, \gamma_{-n}, \ldots, 1:\Gamma, (1:\Gamma)$ les figures inverses de γ_1, $\gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots, \Gamma, (\Gamma)$, par rapport au cercle γ_0; nous obtenons ainsi une décomposition de l'extérieur du cercle γ_0, mais les résultats de notre itération sont moins simples que pour son intérieur. Considérons l'intérieur du domaine (γ_n) délimité par γ_n, l'inversion lui fait correspondre un

domaine (γ_{-n}) qui sera dit l'*extérieur* de γ_{-n}. Prenons un point v dans $(\gamma_{-n+1}, \gamma_{-n})$ extérieur à γ_{-n+1} et intérieur à γ_n et appliquons-lui notre procédé d'itération. Une seule substitution donnera un point de $(\gamma_{-n+2}, \gamma_{-n+1})$, tandis que les autres substitutions donneront des points de (γ_{n-1}, γ_n). Propriétés analogues en ce qui concerne les frontières de $(\gamma_{-n+1}, \gamma_{-n})$.

De même, notre procédé d'itération appliqué à un point de $1 : \Gamma$ ou $(1 : \Gamma)$ donne, par une seule des substitutions $F(v)$, un point de $1 : \Gamma$ ou $(1 : \Gamma)$, tandis que les autres substitutions reproduisent des points de Γ ou (Γ).

Ces résultats étant signalés, nous allons indiquer une certaine réciprocité dans les résultats qui concernent d'autres substitutions introduites ainsi. Remplaçons dans le développement de la fonction $\psi(u)$, ci-dessus définie, les coefficients imaginaires respectivement par les imaginaires conjuguées et considérons les fonctions $f_1(v), f_2(v), \ldots, f_k(v), \ldots$ *inverses* des substitutions qui se déduisent des substitutions $F(v)$ par le changement du signe de i dans les coefficients imaginaires. Opérons comme précédemment par une symétrie par rapport à Ox, suivie d'une application des fonctions $f(v)$. Aux points du domaine $(\gamma_{-n+1}, \gamma_{-n})$ correspondent les points du domaine $(\gamma_{-n}, \gamma_{-n-1})$.

Le procédé opératoire appliqué à $(1 : \Gamma)$ reproduit $(1 : \Gamma)$; au contraire, appliqué à (Γ) il donne un seul point de (Γ), les autres appartenant à $(1 : \Gamma)$. En ce qui concerne le domaine (γ_{n-1}, γ_n), propriétés analogues à celles qui concernaient le domaine $(\gamma_{-n+1}, \gamma_{-n})$, mais avec les substitutions $F(v)$. Toutes les propriétés énoncées sont des conséquences des théorèmes I et II.

Ce qui fait l'importance de cette itération, c'est qu'elle est intimement liée, pour le cas de la fonction $\varphi(u)$ précédemment définie, à la recherche des singularités des fonctions fondamentales intérieures et extérieures au cercle γ_0 et solutions de certaines équations intégrales à noyaux imaginaires et rattachées au même cercle.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application des dérivées généralisées à la formation et à l'intégration de certaines équations différentielles linéaires.* Note [1] de M. **J. Kampé de Fériet**, présentée par M. P. Appell.

I. Étant donnée une fonction $f(x) = x^{\rho-1}\varphi(x)$ [$\rho > 0$ et $\varphi(x)$ holomorphe dans le domaine de l'origine], on peut définir sa *dérivée généra-*

---

[1] Séance du 1er mars 1920.

lisée $D^{(\lambda)}f(x)$, quel que soit le nombre réel λ, par les relations suivantes :

$$(1) \qquad D^{(-\lambda)}f(x) = \frac{x^\lambda}{\Gamma(\lambda)} \int_0^1 (1-t)^{\lambda-1} f(xt)\, dt \qquad (\lambda > 0),$$

$$D^{(0)}f(x) = f(x), \qquad D^{(\lambda)}f(x) = \frac{d^k}{dx^k}[D^{(\lambda-k)}f(x)] \qquad (\lambda > 0,\ k-\lambda > 0),$$

et les fonctions $D^{(n)}$ et $D^{(-n)}$ (n entier positif) coïncident respectivement avec la dérivée $n^{\text{ième}}$ et l'intégrale de $f(x)$, prise n fois de 0 à x. On sait que les propriétés de $D^{(-\lambda)}f(x)$ relatives à ses singularités (distribution et nature) se déduisent très simplement de celles de $f(x)$ (identité des étoiles principales, liaison entre l'ordre des points singuliers, etc.). Mais je voudrais signaler une propriété d'un autre genre, qui trouve une application naturelle dans plusieurs des fonctions classiques de l'Analyse, notamment les *fonctions hypergéométriques*, leurs généralisations et leurs dégénérescences.

II. *Soit $u(x)$ une fonction, nulle à l'origine, ainsi que ses $p-1$ premières dérivées* [1], *solution de l'équation différentielle*

$$(\mathcal{E}) \qquad P_p(x)u^{(p)} + P_{p-1}(x)u^{(p-1)} + \ldots + P_0(x)u = 0,$$

$P_p, P_{p-1}, \ldots, P_0$ *désignant des polynomes de degré $k_p, k_{p-1}, \ldots, k_0$; si n est le plus grand des entiers de la suite $-p+k_p,\ -p+1+k_{p-1}, \ldots, k_0$, la fonction*

$$y(x) = D^{(-\lambda-n)}u(x)$$

vérifie une équation linéaire ($\mathcal{E}'$), d'ordre $n+p$, dont les coefficients sont aussi des polynomes; on obtient ($\mathcal{E}'$) en prenant la dérivée $D^{(-\lambda)}$ de ($\mathcal{E}$).

Pour démontrer cette proposition, il suffit d'appliquer à chacun des termes de ($\mathcal{E}$) la formule suivante (où R_q désigne un polynome de degré q) :

$$(2) \qquad D^{(-\lambda)}[R_q(x)f(x)] = \sum_{k=0}^{k=q} (-1)^k \frac{(\lambda, k)}{(1, k)} \frac{d^k R_q}{dx^k} D^{(-\lambda-k)}f;$$

puis d'y remplacer $D^{(-\lambda-n)}[u^{(k)}]$ par $D^{(k-\lambda-n)}u = y^{(k)}$; cette interversion des symboles $D^{(-\mu)}$ et $\frac{d^k}{dx^k}$ est légitime ici, car dans la relation générale

$$(3) \qquad D^{(-\mu)}[u^{(k)}] = D^{(k-\mu)}u - \sum_{j=1}^{j=k} \frac{x^{\mu-j}}{\Gamma(\mu-j+1)} u^{(k-j)}(0),$$

---

[1] Cette restriction peut se lever dans un cas étendu.

les termes supplémentaires disparaissent, en vertu de la restriction imposée à $u(x)$ pour $x = 0$. On obtient ainsi [1] pour $y(x)$ l'équation

$$(\mathcal{E}') \qquad Q_{n+p}y^{(n+p)} + Q_{n+p-1}y^{(n+p-1)} + \ldots + Q_0 y = 0,$$

où

$$Q_{n+p} = P_p, \qquad Q_{n+p-1} = -\frac{\lambda}{1}P'_p + P_{p-1},$$
$$Q_{n+p-2} = +\frac{\lambda(\lambda+1)}{1.2}P''_p - \frac{\lambda}{1}P'_{p-1} + P_{p-2}, \qquad \ldots.$$

III. Considérons, par exemple, le binome $u = x^{\mu}(1-x)^{\nu-\mu}$ qui vérifie l'équation

$$(\mathcal{E}) \qquad x(1-x)u' - (\mu - \nu x)u = 0,$$

où $p = 1$, $k_1 = 2$, $k_0 = 1$; d'où $n = 1$. En prenant la dérivée $D^{(-\lambda)}$ de $(\mathcal{E})$ on trouve, pour la fonction $y = D^{(-\lambda-1)}u$, l'équation

$$(\mathcal{E}') \qquad x(1-x)y'' + [-(\lambda+\mu) + (2\lambda+\nu)x]y' - \lambda(\lambda+\nu+1)y = 0$$

qui, en faisant

$$\lambda = -\alpha, \qquad \mu = \alpha - \gamma, \qquad \nu - \mu = -(\beta + 1 - \gamma),$$

s'identifie avec *l'équation hypergéométrique de Gauss;* celle-ci est donc vérifiée par la fonction

$$y = D^{(\alpha-1)}[x^{\alpha-\gamma}(1-x)^{-\beta+1-\gamma)}].$$

L'explication de ce résultat se trouve dans le fait que $y(x)$ a pour valeur

$$y = \frac{\Gamma(\alpha+1-\gamma)}{\Gamma(2-\gamma)}x^{1-\gamma}F(\alpha+1-\gamma, \beta+1-\gamma, 2-\gamma, x);$$

d'après cette formule générale,

$$(4) \qquad F(\alpha, \beta, \gamma, x) = \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma(\alpha)}x^{1-\gamma}D^{(\alpha-\gamma)}[x^{\alpha-1}(1-x)^{-\beta}].$$

Ce dernier résultat, que je crois nouveau, s'établit bien aisément en rapprochant de la définition (1) de $D^{(-\lambda)}$ l'expression classique de la fonction hypergéométrique sous forme d'une intégrale définie. Je citerai

---

[1] On peut rapprocher la méthode suivie du procédé employé pour déduire de la formule d'Olinde Rodrigues l'équation différentielle des polynomes de Legendre.

encore (¹) cette expression

$$(5) \qquad F(\alpha, \beta, \gamma, x) = \frac{\Gamma(\gamma)}{\Gamma(\gamma-\alpha)} x^{1-\gamma}(1-x)^{\gamma-\alpha-\beta} D^{(-\alpha)}[x^{\gamma-\alpha-1}(1-x)^{\beta-\gamma}]$$

qui contient la formule donnée par Jacobi, lorsque $\alpha = -n$ (n entier positif).

IV. Si l'on part de $u = x^{\rho_1}(x-a_2)^{\rho_2}\ldots(x-a_q)^{\rho_q}$, on a d'abord l'équation

$$(\mathcal{E}) \qquad P(x)u' - Q(x)u = 0,$$

où

$$P = x(x-a_2)\ldots(x-a_q)$$

et

$$Q = P[\rho_1 : x + \ldots + \rho_q : (x-a_q)] \qquad (p=1,\ k_1=q,\ k_0=q-1).$$

Comme $n = q-1$, en prenant la dérivée $D^{(-\lambda)}$ de $(\mathcal{E})$, on obtient l'équation

$$(\mathcal{E}') \qquad Py^{(q)} - \left(\frac{\lambda}{1}P' + Q\right)y^{(q-1)} + \frac{\lambda}{1}\left(\frac{\lambda+1}{2}P'' + Q'\right)y^{(q-2)} + \ldots = 0$$

dont les coefficients sont des polynomes respectivement de degré q, $q-1$, $q-2$, ...

Cette équation $(\mathcal{E}')$, vérifiée par la fonction

$$y = D^{(-\lambda-q+1)}[x^{\rho_1}(x-a_2)^{\rho_2}\ldots(x-a_q)^{\rho_q}],$$

est une *équation hypergéométrique d'ordre supérieur*, selon la locution de Pochhammer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension de la règle de L'Hopital à certaines quantités arithmétiques.* Note de M. **Lucas de Pesloüan**, transmise par M. G. Humbert.

I. Soit C_a^b la combinaison simple. Ce nombre est nul pour $a < b$. Nous lui imposerons, pour ces valeurs, une valeur non nulle qui sera celle de sa dérivée par rapport à a. Nous désignerons par C_a^b la combinaison simple et par K_a^b ce nombre encore, ou son dérivé. Ce nombre satisfait à la relation

$$(1) \qquad C_\mu^r K_{\mu-r}^{\lambda-l} = K_{\mu+n}^{\lambda}(\mu+n-\lambda)\ldots(\mu-r-\lambda+l+1)\lambda(\lambda-1)\ldots(\lambda-l+1)\frac{\mu!}{\mu+n!}\frac{1}{r!}.$$

(¹) Ce point de vue sera développé dans un travail plus étendu.

Nous avons ([1]) établi les relations (symboliques)

$$\psi_a(x) = (1+x)^a \operatorname{Log}(1+x) = \sum K_a^h x^h,$$

(2) $$p(1+x^p)^a \operatorname{Log}(1+x) \equiv (1+x^p)^a \operatorname{Log}(1+x^p) \quad (\operatorname{mod} p^{a+1}).$$

Soit alors (p premier) $1 + x^p = \alpha$; $(1+x)^p - \alpha = \beta$ est congru à p,

(3) $$\varphi_{\mu p+\sigma} = (1+x)^{\mu p+\sigma} = (1+x)^\sigma \sum C_\mu^r \alpha^{\mu-r}\beta.$$

Développant et appliquant la relation (1) pour $n = 0$,

(4) $$C_{\mu p+\sigma}^{\lambda p+\rho} = \sum_r C_\mu^r \sum_s C_{\mu-r}^{\lambda-s} a_t^r = C_\mu^\lambda \sum_r \frac{1}{r!} \sum_s \frac{\overline{\mu-\lambda}!}{\overline{\mu-\lambda-r+s}!}\,\frac{\lambda!}{\overline{\lambda-s}!}\, a_t^r;$$

a_t^r est entier, congru à p^r, le terme $\sum_s$ est un polynome de degré r en λ et en μ. Si donc nous prenons la différence d'ordre r du rapport

(5) $$\frac{C_{\mu p+\sigma}^{\lambda p+\rho}}{C_\mu^\lambda},$$

vérifiant que le premier terme non nul sera congru à p^{r-a} pour $p^{a+1} > r \geqq p^a$, cette différence est congrue à p^{r-a}.

Posant alors $(1+x^p)^r \operatorname{Log}(1+x^p) = \alpha^{(r)}$, β gardant la même valeur, et développant $p\psi_{\mu p+\sigma}$, nous obtiendrons, en tenant compte de (2), un développement identique (mod $p^{\mu+1}$) au développement (3), et pour $pK_{\mu p+\sigma}^{\lambda p+\rho}$ un développement identique (mod $p^{\mu+1}$) au développement (4) avec le seul changement de C_μ^λ en K_μ^λ. Donc *la différence d'ordre r du rapport* (5) *est congrue à p^{r-a} pour les différences portant sur λ ou sur μ, λ et μ pouvant prendre toutes valeurs sous la condition que, pour les valeurs qui annuleraient ses deux termes, ce rapport soit remplacé par le rapport de ses dérivés par rapport à μ*; étant exclues toutefois les valeurs de λ et de μ qui annuleraient un de ses termes et non l'autre, et les valeurs de μ inférieures à r. La proposition s'étend au cas de μ négatif. On peut d'ailleurs trouver des congruences plus avantageuses.

II. Posons

(6) $$\Phi_m(x) = (1+x)(1+2x)\ldots(1+\overline{m-1}\,x) = \sum V_m^s x^s.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 267.

Le nombre V_m^s est un polynome en m de degré $2s$ qui s'annule pour $m \leq s$. Nous lui imposerons, pour ces valeurs, une valeur non nulle qui sera celle de sa dérivée par rapport à m. Nous désignerons par V_m^s les nombres définis par (6) et par Γ_m^s ces nombres encore ou leurs dérivés. Le dérivé Γ_0^s est le rapport changé de signe du nombre de Bernoulli B_s à son indice. Les nombres d'indice supérieur s'expriment en fonction de ceux-ci par la formule

$$\Gamma_m^s = \sum V_m^q \Gamma_0^{s-q},$$

d'où l'expression (symbolique)

$$\Psi_m(x) = \sum \Gamma_m^s x^s = \Phi_m(x)\Psi_0(x).$$

Nous avons établi [1] la relation $\left[\text{où } (\mu) = \frac{\overline{\mu+\tau}\,!}{\mu!}\right]$

(8) $$p(\mu)(1-x^{p-1})^{\mu}\Psi_0(x) \equiv (\mu)(1-x^{p-1})^{\mu} \operatorname{Log}(1-x^{p-1}) \qquad (\operatorname{mod} p^{\mu+1}).$$

On vérifie que V_p^s est congru à p, sauf $V_p^0 = 1$ et $V_p^{p-1} = \overline{p-1}\,!$. Posant $1 - x^{p-1} = \alpha$, $\Phi_m(x) - \alpha = \beta$ est congru à p. Développant alors $\Phi_{\mu, p+\sigma}(x)$, nous obtenons, par un raisonnement calqué sur le précédent, pour l'expression

(9) $$\frac{\overline{\mu+\tau}\,!}{\overline{\mu-m}\,!}\,\frac{V_{\mu p+\sigma}^{\lambda(p-1)+\rho}}{(-1)^{\lambda} C_{\mu+\tau}^{\lambda}},$$

un développement tel que le terme de ce développement qui est congru à p^m est de degré $m+\tau$ en λ, supposant vérifiée l'inégalité

$$\tau(p-1) \leq m+\sigma < (\tau+1)(p-1);$$

donc la différence $(m+\tau)^{\text{ième}}$ de ce rapport, les différences portant sur λ, est congrue à p^m.

Développant de même l'expression $\Psi_{\mu p+\sigma}(x)$, et appliquant la relation (8), nous obtenons pour l'expression $p\,\frac{\overline{\mu+\tau}\,!}{\overline{\mu-m}\,!}\,\frac{\Gamma_{\mu p+\sigma}^{\lambda(p-1)+\rho}}{(-1)^{\lambda} V_{\mu+\tau}^{\lambda}}$ un développement identique $(\operatorname{mod} p^{\mu+1})$ à celui de l'expression (9). D'où découlent des conclusions identiques aux précédentes (I) pour les différences portant sur λ seul.

On peut démontrer que, pour $m = 1$ ou 2, les mêmes conclusions s'appliquent à l'expression plus simple $\frac{V_{\mu p+\sigma}^{\lambda(p-1)+\rho}}{(-1)^{\lambda} C_{\mu}^{\lambda}}$, les différences portant alors soit sur λ, soit sur μ.

---

(1) *Loc. cit.*

Ces conclusions s'étendent au cas de μ négatif. Les nombres Γ^s_{-m} sont définis par larelation

$$[(1-x)\ldots(1-mx)]^{-1} = \sum \Gamma^s_{-m} x^s.$$

Remarques. — Les nombres V^s_m, Γ^s_m, Γ^s_{-m} jouent un grand rôle dans la théorie des différences. On a pour l'expression des sommes et des différences en fonction des intégrales et des dérivées (et réciproquement) les formules (où m est entier, positif ou négatif)

$$\Delta^m(z) = m \sum_{s=0} \frac{(-1)^{m+s}}{m+s} \frac{\Gamma^s_{-m}}{K^s_{-m}} \frac{h^{m+s}}{s!} D^{m+s}(z),$$

$$(-1)^m h^m D^m(z) = \sum_{s=0} \frac{\Gamma^s_{m+s}}{K^s_{m+s}} \frac{1}{s!} \Delta^{m+s}(z).$$

Je ne sache pas qu'on ait jusqu'ici considéré ces nombres dans leur ensemble.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les singularités impossibles du problème des n corps.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. Appell.

Dans l'étude de la solution générale du problème des n corps en fonction analytique du temps, la première question à résoudre, antérieure à toute représentation analogue à celle que M. Sundman a donnée dans le problème des trois corps, est de savoir si, à l'approche d'un instant quelconque, les distances mutuelles des n corps tendent nécessairement vers des limites ou si au contraire certaines d'entre elles peuvent être indéterminées.

Une telle indétermination n'est pas une hypothèse arbitraire imaginée à plaisir par les analystes pour se poser le problème de l'écarter. En effet, l'équation différentielle très simple que j'ai formée autrefois [1]

$$x''' = 2xx'' - 3x'^2$$

et des équations ou systèmes différentiels formés [2] par M. Painlevé, et plus voisins du système différentiel du problème des n corps, présentent des singularités entièrement analogues à l'indétermination que nous consi-

[1] Cf. *Acta mathematica*, t. 34, p. 345-353.

[2] Cf. *Leçons sur la théorie analytique des équations différentielles professées à Stockholm*, p. 551-554.

dérons ici : dans les exemples de M. Painlevé ou dans des exemples voisins, des points matériels sont infiniment proches l'un de l'autre, puis s'écartent à distance finie ou s'éloignent indéfiniment, pour devenir à nouveau infiniment proches, et ainsi de suite une infinité de fois dans un intervalle de temps arbitrairement court.

D'autre part, l'allure du mouvement dans le problème des trois corps, quand le temps croît indéfiniment, allure qui résulte des travaux de Poincaré sur la stabilité à la Poisson, n'est pas une circonstance beaucoup moins inattendue que l'indétermination dont nous supposons l'existence *a priori* quand le temps s'approche d'un instant donné.

Dans le problème des trois corps, M. Painlevé a démontré le premier que, si les trois distances mutuelles sont des fonctions holomorphes du temps t jusqu'à l'instant T, ces trois distances tendent vers des limites quand t tend vers T. D'où les conséquences : ou bien ces trois limites sont plus grandes que zéro, et le mouvement se poursuit régulièrement après l'instant T; ou bien l'une des trois limites ou les trois limites sont nulles, et il y a à l'instant T un choc de deux corps ou un choc des trois corps, conformes à la conception vulgaire. M. Sundman a démontré par une voie différente le résultat obtenu par M. Painlevé.

Passons au problème des n corps pour $n > 3$, et admettons que, quand le temps t tend vers l'instant T, les $\frac{n(n-1)}{2}$ distances mutuelles r_{ik} sont des fonctions holomorphes de t, et que certaines d'entre elles sont indéterminées.

Il est nécessaire d'abord, selon une proposition classique de la théorie des équations différentielles, que la plus petite des distances r_{ik}, qui peut n'être pas toujours la même, tende vers zéro : par suite, la fonction de forces $U = f\Sigma \frac{m_i m_k}{r_{ik}}$ tend vers $+\infty$. D'après l'équation

$$\frac{d^2}{dt^2} \Sigma m_i m_k r_{ik}^2 = (2U + 4h) \Sigma m_i \qquad (h = \text{const.}),$$

formée par Lagrange dans le problème des trois corps, étendue par Jacobi au problème des n corps, et qui est à la base des travaux de M. Sundman, *la quantité* $\Sigma m_i m_k r_{ik}^2$, dont la dérivée seconde tend vers $+\infty$ quand t tend vers T, *tend vers une limite finie ou vers* $+\infty$.

Or, si certaines distances mutuelles sont indéterminées quand t tend vers T, il existe nécessairement une infinité d'intervalles de temps infiniment courts, I, où les n corps sont séparés en groupes de corps arbitrairement voisins, où les distances de deux quelconques de ces groupes restent supé-

rieures à une longueur fixe l, et où certaines de ces distances varient de quantités supérieures aussi à la longueur l. Considérons un tel intervalle I. Soit x la différence de coordonnées cartésiennes des centres de gravité de deux groupes restant à distance supérieure à la longueur l : la dérivée seconde x'' est bornée, et l'on a

$$x' = x'_0 + bt, \qquad x = x_0 + x'_0 t + b_1 t^2,$$

en prenant comme origine du temps le commencement de l'intervalle I, et en désignant par x'_0, x_0 deux constantes, par b, b_1 deux fonctions bornées dans cet intervalle. Si la somme $\Sigma m_i m_k r_{ik}^2$ tendait vers une limite finie L quand t tend vers T, la somme partielle étendue seulement aux distances r_{ik} non infiniment petites dans l'intervalle I,

$$\Sigma m_i m_k \mathrm{S}(x_0 + x'_0 t + b_1 t^2)^2,$$

et par conséquent le trinome du second degré à coefficients constants

$$t^2 \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x'^2_0 + 2t \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0 x'_0 + \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0^2$$

seraient arbitrairement voisins du même nombre L : puisque la constante x_0 et les fonctions b, b_1, $x'_0 t$ sont bornées dans l'ensemble des intervalles I successifs. On aurait, au commencement, au milieu et à la fin de l'intervalle considéré, les trois équations

$$\Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0^2 = \mathrm{L} + \varepsilon,$$
$$\frac{\tau^2}{4} \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x'^2_0 + \tau \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0 x'_0 + \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0^2 = \mathrm{L} + \varepsilon_1,$$
$$\tau^2 \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x'^2_0 + 2\tau \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0 x'_0 + \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x_0^2 = \mathrm{L} + \varepsilon_2,$$

en désignant par τ la durée de l'intervalle I, et par ε, ε_1, ε_2 trois quantités arbitrairement petites : d'où résulterait

$$\frac{\tau}{2} \Sigma m_i m_k \mathrm{S} x'^2_0 = \varepsilon_2 - 2\varepsilon_1 + \varepsilon.$$

Les distances de deux quelconques des groupes considérés ne varieraient dans l'intervalle I que de quantités arbitrairement petites. Donc *la somme* $\Sigma m_i m_k r_{ik}^2$ *tend vers* $+\infty$ *quand* t *tend vers* T.

Je n'ai pas démontré l'impossibilité de cette dernière sorte d'indétermination. Dans le problème des quatre corps les mouvements qui la présenteraient auraient l'allure suivante. Ils tendraient à être rectilignes : un groupe de deux corps arbitrairement voisins irait indéfiniment de l'un à l'autre des deux autres corps (dont la distance tendrait vers l'infini), rebroussant chemin successivement au voisinage de chacun d'eux, avec ou sans échange.

ASTRONOMIE. — *Application de la méthode de Lagrange à l'orbite de la planète découverte par M. Comas Solà le* 13 *janvier* 1920. Note de M. **Henri Blondel**, présentée par M. Bigourdan.

Le 13 janvier 1920 M. Comas Solà découvrait, à Barcelone, une planète dont la grandeur, 10,5, attira l'attention des astronomes, car la plupart des planètes de cette grandeur ont été depuis longtemps découvertes.

On se demanda si cet astre n'était pas une comète, quoique son aspect stellaire ne fût pas favorable à cette hypothèse.

Il était donc intéressant de calculer son orbite; c'est ce que j'ai fait en employant la méthode de Lagrange. Cette méthode, proposée dans les *Œuvres de Lagrange* (t. 4, p. 439), a été développée par M. Andoyer dans le *Bulletin astronomique* (t. 34, p. 36), et ses formules ont été exposées en résumé pratique par M. Kromm dans les *Annales de l'Observatoire de Bordeaux* (t. 16).

Ce sont ces formules [1] de M. Kromm que j'ai appliquées avec succès aux trois observations suivantes :

Observateur.	Observatoire.	1920.	T. moy. local.	Æ app.	Ⓓ app.	Obs.-Calc.	
			h m s	h m s	° ′ ″	s	″
Pòlit	Barcelone	janvier 18	7.20.12	8. 0.39,44	+21.54.47,6	+0,03	+0,6
Pôlit	Barcelone	janvier 30	6.48.48	7.46.11,07	+20.40.27,4	+0,01	+0,2
Michkovitch...	Marseille	février 12	8.29.52	7.33.19,58	+19.15.38,1	+0,02	+0,6

La grandeur, photographique ou visuelle, estimée dans divers observatoires, entre le 13 janvier et le 12 février, varie de 10,0 à 11,0. J'adopte 10,6 pour la date 1920 janvier 23.

Les éléments de l'orbite et les écarts *Obs.-Calc.* ont été calculés avec des logarithmes à six décimales. Voici le résultat obtenu :

---

(1) M. Kromm nous prie de signaler aux astronomes qui voudront employer ses formules, deux petits errata :

Page 7, *lire* $\gamma = -\frac{1}{6}\left[g\frac{r}{\sqrt{r_1 r_2}}, \ldots\right.$; le $\sqrt{}$ a été placé sur la fraction, tandis qu'il doit être seulement au dénominateur.

Page 9, *lire* $\sin c \sin(\varphi + C) = \frac{z}{r}$, *au lieu de* $\frac{x}{r}$.

Époque 1920 janvier 30, minuit moyen de Greenwich.

	Centièmes de l'angle droit.	Degrés sexagésimaux.	
M	392,9128	353°.37'.17",3	
ω	209,2937	188.21.51,5	Équin. moyen 1920,0
Ω	332,9994	299.41.58,2	
i	23,7708	21.23.37,5	
φ	4,7490	4.16.26,6	
μ	0,2468988	799",952	
$\log a$	0,431295		

Grandeur $= 7,7 + 5 \log \Delta r$; grandeur moyenne, à l'opposition $= 11,0$.

Cette application de la méthode de Lagrange a fort bien réussi, et les trois observations se trouvent représentées d'une façon très satisfaisante, comme on le voit par les écarts indiqués ci-dessus. On sait que les formules employées ici se trouveraient en défaut dans le cas d'une inclinaison très faible, mais il en est de même pour toutes les méthodes de calcul qui n'utilisent que trois observations. M. Andoyer a indiqué brièvement, dans le *Bulletin astronomique* (t. 34, p. 65), comment en ce cas on doit exécuter le calcul, en ajoutant une quatrième observation.

Les éléments ci-dessus montrent que l'astre est bien une planète, laquelle ne doit jamais devenir très faible dans nos lunettes astronomiques. Mais sa forte inclinaison est cause qu'elle ne se trouve près de l'écliptique qu'au voisinage des nœuds, lesquels reviennent en opposition dans des situations peu favorables aux recherches : l'un en juillet, dans une position australe proche de la Voie lactée; l'autre en janvier, mois d'hiver, pendant lequel le ciel est souvent nuageux.

Ce sont sans doute ces circonstances moitié atmosphériques, moitié célestes, qui ont empêché de découvrir cette planète, jusqu'au jour où elle a été aperçue à l'Observatoire de Barcelone.

ASTRONOMIE. — *Forme nouvelle de la loi des distances des planètes et satellites faisant ressortir la formation spirale du système planétaire et la cause de la rotation des planètes.* Note (1) de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Des travaux récents en France et à l'étranger sur la loi des distances des planètes et satellites montrent que les auteurs s'attachent au côté pure-

(1) Séance du 1er mars 1920.

ment mathématique du problème sans se préoccuper des réalités physiques et des conditions imposées par la Mécanique céleste. Les deux conditions suivantes permettent d'éliminer les lois empiriques erronées :

1° Laplace a montré que si deux masses m, m' sont dominantes dans un système et assez distantes des autres, leurs distances a, a' sont soumises à la libration définie par

$$\frac{m}{a}+\frac{m'}{a'}=\text{const.} \tag{1}$$

Prenons pour a et a' la distance de Jupiter et de Saturne : en différentiant (1) on trouve que le rapport da' à da doit avoir été dans le passé égal à -10. La loi des distances planétaires que j'ai donnée ($X_n = 62 + 1{,}886^n$) en rayons solaires satisfait à ce premier critérium : les lois empiriques du Dr Reynaud et d'Armellini n'y satisfont aucunement.

2° Une autre condition existe dans le système de Jupiter par la libration des satellites I, II, III définie par

$$n_1+2n_3=3n_2 \qquad (n_1,\ n_2,\ n_3 \text{ moyens mouvements}). \tag{2}$$

En introduisant dans (2) les distances a_1, a_2, a_3 et différentiant, on trouve une relation entre $da_1 - da_2 - da_3$. La loi de distribution des satellites de Jupiter que j'ai indiquée ($X_n = 0{,}814 + 1{,}716^n$) satisfait à ce critérum, car elle donne $da_1 = +0{,}043 - da_2 = -0{,}085$, d'où $da_3 = -0{,}7$ et la loi donne bien $a_3 = 15{,}694$, au lieu de $14{,}99$ (distance observée) et qui en diffère de $-0{,}7$.

Définissons maintenant les réalités physiques qui correspondent aux paramètres a, C de la loi des distances :

$$X_n = a + C^n; \tag{3}$$

a est le rayon du noyau primitif de l'astre central de chaque système. Pour interpréter C, posons

$$C = e^{2\pi B}, \tag{4}$$

d'où

$$X_n = a + e^{2\pi B n}. \tag{5}$$

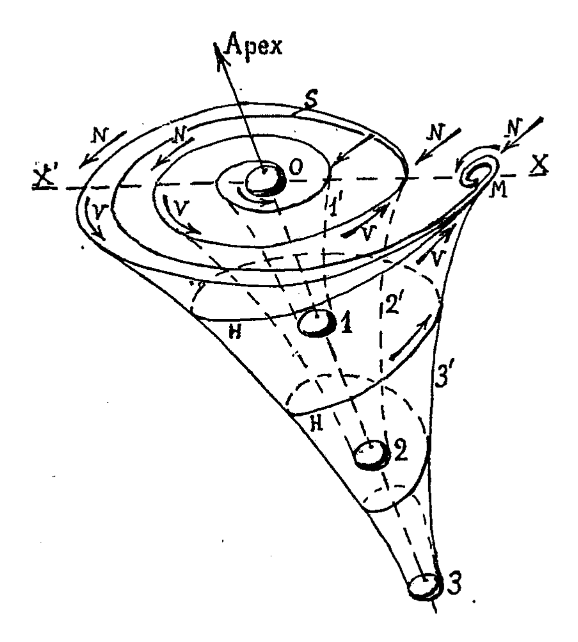
Ainsi les distances dans un système sont les rayons de la spirale

$$\rho = a + e^{B\Omega} \qquad (\rho,\ \Omega \text{ coordonnées polaires})$$

quand Ω varie d'un nombre entier de fois 2π.

Soient ... 3, 2, 1 les positions successives équidistantes du noyau de

rayon a dans la nébuleuse avant d'atteindre l'écliptique primitive en O, ces positions étant celles où la pulsation équatoriale en détache les nappes planétaires ... 3', 2', 1'. Les molécules de la nappe 3' feront trois tours autour de l'axe de translation dirigé vers l'apex, celles de la nappe 2' feront deux tours, celles de la nappe 1' un tour seulement. La spirale s figurée dans



l'écliptique XX' est la projection sur ce plan de l'hélice évasée H décrite par les molécules de chaque nappe et se superposant en projection.

Pourquoi est-ce seulement du côté OX et non du côté OX' que les nappes planétaires se condensent en planètes? Parce que les vitesses tangentielles V des nappes, de sens direct, sont de même sens que la composante N de la vitesse de translation de la nébuleuse du côté OX', tandis qu'elles sont de sens opposé du côté OX. Le choc de N sur la nappe M du côté OX en réduit la vitesse tangentielle jusque-là en équilibre avec l'attraction centrale sur une orbite spirale à gravitation équilibrée ([1]). La masse M ayant sa force centrifuge diminuée obéit à l'attraction centrale : mais comme elle est aussi attirée par le reste de la nappe, elle se replie vers elle dans le sens rétrograde : c'est ce mécanisme de refoulement et d'enroulement sur elle-même de la nappe qui produit *la rotation d'une planète dans le même sens* que la rotation du noyau solaire O.

([1]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 564.

J'ai montré précédemment (¹) que les C dans la formule (3) étaient égaux à $AM^{\frac{1}{3}}$, M étant la masse de l'astre central d'un système, A une constante peu supérieure à l'unité près du Soleil et peu inférieure quand on s'en éloigne. Posons :

$$A = e^{\pm\alpha} \quad (\alpha \text{ peu différent de zéro}).$$

Déterminons B dans (4) de manière que $C_1 = M^{\frac{1}{3}}$, on aura

$$(2)' \qquad C = AC_1 = e^{2\pi B \pm \alpha},$$

$$(3)' \qquad X_n = a + e^{(2\pi B \pm \alpha)n},$$

ce qui exprime que la planète (ou le satellite) a eu sa distance moyenne fixée lorsque sa masse sur la spirale-trajectoire au voisinage de l'écliptique s'est écartée de OX dans ce plan de l'angle $\pm \alpha n$.

L'interprétation physique de ce résultat géométrique est facile. Pour les planètes denses ou les grandes masses, on a $A > 1$; il faut prendre $+\alpha$ dans les formules. Pour les planètes légères (Jupiter, Saturne, Uranus) où $A > 1$, il faut prendre $-\alpha$. En un mot, dans le milieu résistant de la nébuleuse N, les astres denses ou de grandes masses dépassent sur leur trajectoire la direction OX, tandis que les satellites de planètes légères restent en deçà soit qu'ils aient eux-mêmes une faible densité ou qu'en raison de leurs grandes vitesses sur leurs orbites, ils rencontrent une plus grande résistance dans leur progression.

En résumé, les calculs précédents rendent manifestes par la loi des distances les trajectoires spiraloïdes des planètes et satellites à l'origine. Ces trajectoires ont disparu par la condensation par rotation de chaque nappe en une planète.

Au contraire, dans les nébuleuses spirales, les trajectoires sont encore visibles parce que les spires ne sont pas encore désintégrées en masses isolées analogues aux amas globulaires de notre Voie lactée. La formation unilatérale des amas a la même cause mécanique que celle des planètes suivant OX et de même leur rotation.

C'est le temps seul qui a différencié le système planétaire à évolution originelle très rapide, des nébuleuses spirales à évolution très lente : et l'on peut prévoir par cette analogie que les spirales se résoudront en amas gravitant isolément autour de leur noyau central comme les planètes autour du Soleil.

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 935.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le troisième trimestre de* 1919. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 89 jours d'observation dans ce trimestre ([1]) et l'on en déduit les principaux faits suivants :

Taches. — L'activité est restée grande dans la production des taches : on a, en effet, enregistré 80 groupes au lieu de 78 dans le second trimestre ([2]), mais leur surface a été moindre, puisque, au total, on a 7095 millionièmes au lieu de 8984.

La répartition par hémisphère accuse une augmentation de 14 groupes au sud de l'équateur (56 au lieu de 42) et une diminution de 12 groupes au nord (24 au lieu de 36).

Il n'y a pas eu de groupes aussi importants que les deux principaux du trimestre précédent; néanmoins, à des degrés différents de perception, les cinq groupes suivants du Tableau I ont été visibles à l'œil nu :

Juillet..............	13,5 à —5°	de latitude
Août................	9,2 à —8°	»
»	19,0 à —2°	»
»	19,1 à +4°	»
Septembre...........	14,8 à —0°	»

Mais il y a lieu de remarquer que le deuxième est un retour du premier, et que le dernier est le retour du troisième.

La latitude moyenne des taches est en diminution de 1°,1 d'une part avec −11°,3 au lieu de −12°,4, et de −0°,5 d'autre part avec +10°,4 au lieu de +10°,9.

Régions d'activité. — Les facules sont en décroissance : on a, effectivement, noté 138 groupes avec une aire moyenne totale de 144,4 millièmes, au lieu de, précédemment, 147 groupes et 169,2 millièmes.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on compte 2 groupes en plus au Sud (81 au lieu de 79) et 11 en moins au Nord (57 au lieu de 68).

([1]) On a obtenu une série consécutive de 94 jours, du 13 juin au 14 septembre; c'est la plus longue. — Les observations du mois de septembre ont été faites en majeure partie par M. H. Grouiller.

([2]) Voir *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 1087.

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
Juillet 1919. — 0,00.					
2- 5	4	1,5	− 7		16
26- 3	8	1,9		+ 9	12
30	1	3,2		+ 6	8
7- 8	2	5,1	−18		6
29- 8	10	5,4	− 8		29
3-13	11	7,8		+ 9	174
3-11	9	9,0		+10	101
13-15	3	10,3	−15		55
9-19	11	13,5	− 5		341
12-20	9	14,2	− 9		336
11-15	6	15,4	−15		49
12	1	17,2	− 5		4
11-16	6	17,3		+ 8	19
17	1	18,5		+20	8
14-25	12	20,5		+ 8	63
16-22	6	20,8	− 8		8
15-27	13	21,5	−13		210
19-26	5	22,0	−18		33
19-28	5	23,3		+ 3	18
18-24	4	23,7	−11		13
18-30	13	24,3	−10		113
22-28	7	24,6		+12	8
20-28	9	26,3	−12		54
21- 1	12	27,1	−12		168
30	1	27,9	−15		6
25-28	4	31,0	−18		6
	31 j.		−11°,7	+ 9°,4	
Août. — 0,00.					
27- 7	11	2,0	− 6		20
5- 7	3	3,2	−17		9
29- 5	6	3,7		+ 8	17
31- 5	6	5,7	−16		34
6	1	6,8	−15		2
3	1	7,2		+18	3
3-15	14	9,2	− 8		433
4-15	12	10,3	−10		86
8	1	10,4	−16		3
6-16	9	11,4	− 8		18
12	1	11,6	−25		2
11-13	3	11,8	−17		9
16-17	2	12,5	−16		33
7- 8	12	13,0	− 8		233
12-22	11	17,7	−14		51
Août (suite).					
12-14	3	17,9		+15	9
21-22	2	18,2		+24	10
13-25	13	19,1		+ 4	567
13-25	13	19,2	− 2		432
19-25	7	19,4		+11	99
22-23	2	19,7		+18	11
14-21	8	19,8	− 4		131
14-24	11	20,1		+ 7	220
16-26	11	21,5	− 9		65
17-25	5	22,3	−11		6
23-31	9	26,6	− 7		185
21-29	9	26,9	−15		60
21	1	27,7	− 4		57
23-27	5	28,2	− 6		11
31- 3	3	29,8	−15		4
25	1	30,1		+15	5
30	1	31,8	−17		4
	31 j.		−11°,6	+11°,1	
Septembre. — 0,00.					
27- 8	13	1,9	−16		
31- 7	7	3,3		+12	
7-10	4	4,9	−19		
30- 6	8	5,2	− 7		
4-12	2	8,8		+16	
4- 7	3	8,9	− 6		
6-18	12	12,7	−15		
9-16	7	12,9	−18		
11-14	4	13,7	− 9		
17	1	14,0		+ 5	
9-14	4	14,5	−14		
8-20	12	14,8	− 0		
13-17	4	15,4	− 4		
14	1	17,8		+10	
24	1	19,8	− 2		
17-18	2	19,9	−10		
20-27	7	23,6	− 6		
18-27	10	24,4	−15		
20-30	9	26,2		+10	
21-26	6	26,9		+12	
22-27	6	28,3	−15		
23- 4	7	29,3	−13		
	27 j.		−10°,6	+10°,8	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1919.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	»	»	10	7	17	9	7	2	»	»	»	26	1858
Août........	»	»	»	11	11	23	9	5	3	1	»	»	32	2829
Septembre..	»	»	1	8	8	16	6	3	3	»	»	»	22	2408
Totaux ...	»	»	1	29	26	56	24	15	8	1	»	»	80	7095

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1919.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Juillet......	»	1	2	13	10	26	26	10	9	7	»	»	52	60,3
Août........	»	1	5	15	11	32	20	6	9	5	1	»	52	46,2
Septembre..	»	»	3	15	5	23	11	4	4	2	»	»	34	37,9
Totaux....	»	2	10	43	26	81	57	20	22	14	1	»	148	144,4

PHYSIQUE. — *Sur le calcul des fréquences limites d'absorption* K *et* L *des éléments lourds*. Note de M. LOUIS DE BROGLIE, présentée par M. Deslandres.

Bohr, en appliquant au modèle d'atome de Rutherford la théorie des quanta, avait prévu l'existence dans l'atome de trajectoires électroniques circulaires sur lesquelles les électrons ont une énergie égale à

$$W_n = -\frac{Rh}{n^2} \times N^2,$$

où R désigne la constante de Rydberg ($1,097.10^5 \text{ cm}^{-1}$), h la constante de Planck ($6,65.10^{-27}$ erg-sec), N le nombre atomique et n le nombre de quanta correspondant à la trajectoire considérée ($n = 1$ pour l'anneau K, $n = 2$ pour l'anneau L, etc.).

Bohr déduit de cette formule les fréquences des raies spectrales en admettant que, quand un électron saute de l'anneau m à l'anneau n, il y a émission d'une radiation de fréquence

$$\nu_{m,n} = \frac{Wm - Wn}{h} = RN^2\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right).$$

Si l'on admet que l'absorption est due à l'expulsion à l'extérieur de l'atome d'un électron qui gravitait autour du noyau, la fréquence limite

de la bande d'absorption correspondant à l'anneau i sera donnée par la formule

$$\nu_i = \frac{W_i}{h}.$$

La théorie de Bohr donne donc, pour les fréquences K et L, les valeurs

$$\nu_K = RN^2, \qquad \nu_L = \frac{RN^2}{4}.$$

Comme le montrent les Tableaux ci-dessous, les fréquences ainsi calculées sont admissibles pour les bandes K, mais beaucoup trop fortes pour les bandes L_1.

Végard a donné (*Phil. Mag.* et *Phys. Zeitsch.*) en 1919 une formule plus complète pour représenter les lignes et les bandes.

Appelons p_i le nombre des électrons intérieurs à l'anneau i, q_i celui des électrons formant l'anneau i et n_i le nombre de quanta de l'anneau. Désignons par Sq_i la quantité

$$\frac{1}{4}\sum_{j=1}^{j=q_i-1}\frac{1}{\sin j\frac{\pi}{q_i}}.$$

La formule de Végard s'écrit

$$\nu_i = R\left[\frac{N^2}{n_i^2} - BN + C\right] + \text{correction de relativité}$$

avec

$$\frac{1}{2}B = \frac{q_i(Sq_i - Sq_{i-1}) - Sq_{i-1} + p_i}{n_i^2} + \sum_{l=i+1}^{l=\infty}\frac{q_e}{n_e^2}$$

et

$$C = \frac{1}{n_i^2}[q_i(2p_i + Sq_i + Sq_{i-1})(Sq_i - Sq_{i-1}) + (p_i + Sq_{i-1})^2] + \sum_{l=i+1}^{l=\infty}\frac{2q_e}{n_e^2}\left(p_e + Sq_e - \frac{1}{2}\right).$$

Végard a calculé les fréquences d'un certain nombre de lignes et a montré que l'on obtient de très bonnes vérifications numériques en posant $q_1 = 3$, $q_2 = 7$, $q_3 = 12$.

Il est intéressant de faire des calculs analogues pour les bandes K et L des éléments lourds qui sont connues avec précision. On obtient les valeurs ci-dessous. Pour les bandes K, il est nécessaire de tenir compte de la correction de Relativité qui est notable; pour les bandes L_1, elle est 16 fois plus faible et a été négligée.

Les résultats obtenus pour les bandes L_1 semblent nettement en faveur de la formule de Végard.

Bandes K.

	Cd N = 48.	Te N = 52.	Pt N = 78.	Pb N = 22.	Th N = 90.	Ur N = 92.
$10^{-8}\nu$ obs.........	2,16	2,58	6,55	7,29	8,87	9,59
Bohr.............	2,53	2,97	6,69	7,39	8,91	9,31
Végard...........	2,17	2,56	6,41	7,18	8,88	9,34

Bandes L_1.

	W N = 74.	Pt N = 78.	Au N = 79.	Pb N = 82.	Bi N = 83.	Th N = 90.	Ur N = 92.
$10^{-8}\nu$ obs.....	0,822	0,936	0,965	1,067	1,085	1,326	1,392
Bohr........	1,506	1,673	1,716	1,850	1,894	2,227	2,327
Végard.......	0,820	0,930	0,976	1,064	1,095	1,337	1,411

Les nombres marqués ci-dessus comme observés sont la moyenne des mesures faites par Végard, Siegbahn et de Broglie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la perte d'énergie dans le diélectrique des câbles industriels.* Note de M. **Rennesson**, transmise par M. A. Blondel.

Dans ses recherches sur les pertes diélectriques dans les câbles industriels soumis à des tensions alternatives, M. Swyngedauw (¹) a trouvé que les pertes décroissaient quand la température des câbles s'élevait, et il a attribué les différences observées aux différences des températures de ce câbles.

Pour contrôler cette hypothèse nous nous sommes proposé de déterminer l'allure de la variation des pertes d'énergie dans le diélectrique d'un câble de canalisation souterraine industrielle à haute tension, en fonction de la tension et de la température, en opérant sur quelques mètres de câble, avec un wattmètre de sensibilité appropriée.

Le câble d'une longueur de 20^{m}, établi pour une tension de 10000 volts 50 périodes, comportait trois conducteurs en cuivre de 15^{mm^2} section entourés chacun d'une gaine de papier de $3^{mm},5$ d'épaisseur et réunis dans une autre gaine de même épaisseur, le tout enfermé dans un tube de plomb. Les deux bandes de feuillard d'acier qui, en usage normal, protègent le tube de plomb, avaient été enlevées dans le but d'éviter toute action magnétique possible.

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 230.

Les deux extrémités du câble étaient scellées dans des isolateurs de porcelaine semblables à ceux employés pour les sorties des enroulements de transformateurs à 30000 volts.

Le câble était plongé dans une cuve en bois remplie d'huile pour transformateur. Cette huile pouvait être échauffée par une résistance métallique parcourue par un courant convenable.

La tension alternative, pratiquement sinusoïdale, à la fréquence 50, était appliquée entre les trois conducteurs réunis ensemble et l'armature de plomb.

La résistance d'isolement mesurée entre conducteurs et armature a été trouvée égale à 6300 mégohms avant les essais et, après, à 6350.

Pour mesurer la puissance dépensée dans le câble sous l'action de tensions efficaces comprises entre 5000 et 15000 volts, puissance de l'ordre de quelques watts, nous avons construit un wattmètre à lecture directe par miroir, composé d'un cadre mobile de 860 spires à suspension unifilaire par ruban d'argent, et d'un cadre fixe de 1100 spires.

Toutes les parties non électriques étaient établies en bois pour éviter la production de courants secondaires.

Après divers essais, nous avons rejeté toute enveloppe protectrice afin d'éviter tout effet perturbateur, et nous nous sommes astreint à opérer en atmosphère absolument calme, dans une pièce rigoureusement fermée.

Les différentes courbes d'étalonnage du wattmètre montrent, dans ces conditions, que l'erreur relative ne dépasse pas 3 pour 100, ce qui, étant donnée la difficulté de la mesure de puissances de quelques watts aux tensions employées, constituait un résultat très satisfaisant, suffisamment précis pour le but que nous nous proposions.

Essais à tension variable, fréquence et température constantes. — Nous avons expérimenté dans chaque cas après avoir maintenu l'équilibre de température pendant trois heures au minimum.

Les pertes ont été mesurées pour des tensions variant entre 2000 et 15000 volts.

La première conclusion qui s'impose est la concordance pratique des pertes pour une même tension observée, par tensions croissantes ou décroissantes. Il semble donc qu'à chaque température *fixe* du câble et pour une tension donnée corresponde pratiquement un état bien déterminé de l'isolant.

Les pertes sont approximativement proportionnelles au rapport des

carrés des tensions entre 5000 et 10000 volts, tandis que le rapport des pertes à 15000 et à 5000 volts égale sensiblement le rapport des puissances 2,5 des tensions.

Essais à température variable, tension et fréquence constantes. — Nous nous sommes attaché à faire varier la température d'une façon continue avec une très grande lenteur, en lui faisant décrire des cycles compris entre 14° et 60°.

Malgré cette lenteur de variation, nous ne retrouvons plus pour les mêmes températures des résultats absolument identiques.

Si l'on porte en abscisses les températures et en ordonnées les pertes, les branches ascendantes et descendantes des différents cycles s'enchevêtrent sans aucune loi apparente.

Il semble que le groupement des matières constituant l'isolement du câble (papiers, résines, huiles) forme à chaque température un certain nombre d'assemblages plus ou moins stables, dépendant des états antérieurs.

Toutefois, les divers cycles sont compris entre deux courbes de même allure parabolique, et l'allure générale de variation des pertes est très nette. En partant de la température 14°, les pertes dans le diélectrique vont d'abord en décroissant rapidement jusqu'au voisinage de 30° où elles présentent un minimum très accusé, pour croître de nouveau aux températures supérieures.

A 30°, les pertes sont sensiblement moitié de celles à 12° ou à 55°.

CHIMIE. — *Recherche de l'invertine dans le miel pur d'abeilles.* Note (1) de M. **Alin Caillas**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le miel provient de la transformation du saccharose contenu dans le nectar des fleurs, en deux sucres isomères, le glucose et le lévulose.

Cette transformation, appelée *inversion*, s'accomplit dans le jabot de l'abeille par l'intermédiaire d'une diastase sécrétée par cet organe et nommée *invertine*, en raison de cette action particulière.

On sait que les diastases sont capables, en quantité infinitésimale, de transformer une très grande quantité de matière. Il nous a paru intéressant

(1) Séance du 1er mars 1920.

de rechercher si le miel pur d'abeilles ne contenait pas, à l'état libre, des proportions appréciables de la diastase en question, et d'en fixer la teneur.

I. *Méthode de recherches.* — Nous avons appliqué à la recherche de l'invertine du miel la méthode générale de préparation des diastases, indiquée par Payen et Persoz, von Wittich et Wroblewski, qui consiste à précipiter la diastase par l'alcool.

Nous avons opéré sur un échantillon de miel de couleur assez foncée, provenant de la Campine belge, butiné sur le trèfle, le sainfoin, et un peu sur la bruyère en arrière-saison.

Dans une capsule de porcelaine à large ouverture, nous avons pesé $14^{g},035$ de miel et ajouté 5^{cm^3} d'eau distillée pour dissoudre complètement le miel et le transformer en un sirop très épais. On peut se servir d'eau tiède, à condition que sa température ne dépasse pas 30°.

Nous avons ajouté ensuite 50^{cm^3} d'alcool pur à 90°, et transversé le tout dans un ballon de 250^{cm^3}, puis laissé en contact pendant une nuit et filtré sur un filtre taré. Laver très abondamment le précipité avec de l'alcool pur à 90° pour être certain d'entraîner tout le glucose ou le saccharose dont les matières albuminoïdes, restées sur le filtre, pourraient être imprégnées. Dans ce cas particulier, nous n'avons pas employé moins de 350^{cm^3} d'alcool, et nous ne nous sommes arrêté que lorsque le filtrat ne réduisait plus la liqueur de Fehling.

Le précipité ainsi lavé fut mis à l'étuve à 30°, passé au dessiccateur et pesé :

$$P = 0^{g},350.$$

Ce même précipité fut alors lavé à l'eau froide pour entraîner la diastase. Compléter le filtrat à 80^{cm^3}. Faire sécher de nouveau à l'étuve à 30° et peser :

$$P' = 0^{g},343\ ;$$

d'où une perte de poids de

$$P - P' = 0,350 - 0,343 = 0^{g},007,$$

représentant la diastase contenue dans les $14^{g},035$ de miel pesé primitivement, ce qui fait une teneur de 0,049 pour 100 de miel.

II. *Caractérisation de la diastase.* — Une réaction caractéristique des diastases est la décoloration de la teinture fraîche de gaïac. Le liquide provenant de l'opération précédente ne faisait pas exception à cette règle, mais nous avons voulu caractériser l'invertine d'une façon plus certaine au moyen d'une solution titrée de saccharose.

Voici le mode opératoire :

Dissoudre 2^{g} de saccharose pur dans 100^{cm^3} d'eau distillée, et faire deux parties égales. Prendre 50^{cm^3} de la solution primitive et ajouter 40^{cm^3} d'eau distillée; c'est la solution témoin. Prendre les autres 50^{cm^3} de la solution primitive et ajouter 40^{cm^3}, soit la moitié de la solution diastasique préparée précédemment.

Titrages. — La solution témoin donne, bien entendu, une teneur nulle en glucose, à la réaction par la liqueur de Fehling.

En ce qui concerne la solution diastasique, il en a fallu $2^{cm^3},8$ pour décolorer les 2^{cm^3} de Fehling employés (soit 14^{cm^3} pour 10^{cm^3} de Fehling).

Le poids de glucose nous est donné par la formule

$$P = \frac{0,05 \times 100}{14,00} = 0,357.$$

Or, nous avons dilué à $50 + 40 = 90^{cm^3}$; ce chiffre doit être majoré de $\frac{40}{50}$ ou de $\frac{4}{5}$, soit de 0,285, ce qui donne $0,357 + 0,285 = 0,642$ de glucose pour 1^g de sucre (en effet, les 50^{cm^3} de solution sucrée contenaient exactement 1^g de sucre).

Ajoutons que cet essai fut fait après 6 heures de contact. L'invertine avait donc agi d'une façon excessivement rapide et transformé plus de la moitié du saccharose. La température était de 15°.

Remarquons en passant que ce miel, lorsque les expériences ont été faites, était récolté depuis 14 à 15 mois; la diastase n'avait donc rien perdu de son activité et le temps ne semble pas agir sur ses propriétés d'interversion.

Afin de suivre la marche de la transformation, nous avons opéré deux autres dosages.

Deuxième dosage effectué après 18 heures de contact; il a fallu employer $2^{cm^3},5$ de liqueur diastasique, au lieu de $2^{cm^3},8$ dans le dosage précédent :

$$P = \frac{0,05 \times 100}{12,5} = 0,400 + \frac{4}{5} = 0,720.$$

Troisième dosage effectué après 48 heures de contact :

$$P = \frac{0,05 \times 100}{12} = 0,417 + \frac{4}{5} = 0,749.$$

D'autres dosages effectués après 3, 4, 6 et 10 jours nous ont donné des chiffres qui se rapprochent sensiblement du dernier cité, quoique toujours légèrement plus élevés. En somme, le point important est de voir que l'inversion paraît s'arrêter, que la diastase semble paralysée lorsque la teneur en glucose est de 75 pour 100, c'est-à-dire voisine de celle du miel.

III. *Conclusions.* — Ces expériences permettent d'affirmer avec certitude que le miel pur d'abeilles contient bien la diastase invertine, introduite par l'abeille avec le nectar transformé dans son jabot. Cette présence permet d'expliquer pourquoi deux analyses de miel, faites à intervalles un peu éloignés, ne donnent jamais les mêmes résultats quant à la teneur en sucres. Un miel jeune, qui dose jusqu'à 8 pour 100 de saccharose, voit progressivement ce taux diminuer pour tomber à 2 et 3 pour 100 après quelques années. Peu à peu l'invertine renfermée dans le miel continue son action jusqu'à ce qu'un équilibre s'établisse et que les produits de transformation et la concentration du milieu arrêtent l'action de la diastase.

Le miel est donc un aliment essentiellement assimilable; de plus, grâce à l'invertine qu'il contient, il peut, dans bien des cas, être employé en cas d'atonie ou de paresse de l'intestin. La diastase introduite dans le tube digestif exerce les plus heureux effets sur la digestion et l'assimilation des sucres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les azoïques de l'indoxyle.* Note de MM. **J. Martinet** et **O. Dornier**, présentée par M. A. Haller.

L'indoxyle a une constitution et des propriétés qui permettent de le considérer comme un phénol. Comme tel, il est susceptible de se combiner aux dérivés diazoïques pour donner des azoïques.

Le fait a été mis en évidence par Baeyer (1) qui copula le diazobenzène avec l'indoxyle. Il obtint un corps cristallisé en prismes orangés à éclat métallique fondant à 236° avec décomposition. Bamberger (2), dans ses recherches sur le méthylanthranile, isola le même corps. F. 242°,5.

Nous avons préparé des corps de cette série à partir d'un produit technique : la fondue d'indoxyle.

Il suffit de verser dans un mélange de glace et de fondue d'indoxyle, neutralisée par de l'acide sulfurique, la quantité correspondante d'un composé diazoïque. Au bout de quelques minutes il se forme un précipité rouge plus ou moins brunâtre ou bleuâtre qu'on lave à l'eau et à l'alcool et que l'on fait cristalliser dans les solvants organiques usuels. Nous avons obtenu de cette manière les corps suivants :

1° Benzène-azo-indoxyle déjà connu (*loc. cit.*) : Par projection sur le bloc Maquenne à 230°, ce corps émet des vapeurs rouges violacées, puis fond vers 240°, mais seulement après quelques secondes de contact, en se boursoufflant et en se décomposant. Nous n'avons jamais pu obtenir le degré de précision donné par Bamberger.

2° 2-méthylbenzène-azo-indoxyl. F. vers 249°.

3° 3-méthylbenzène-azo-indoxyl. F. vers 232°.

4° 4-méthylbenzène-azo-indoxyl. F. vers 256°.

5° 2.4-diméthylbenzène-azo-indoxyl. F. vers 244°.

(1) A. Baeyer, *Deuts. chem. Ges.*, t. 16, 1883, p. 2190.

(2) K. Bamberger, *Deuts. chem. Ges.*, t. 36, 1903, p. 1625.

6° 2.3.5-triméthylbenzène-azo-indoxyl. F. vers 245°.
7° α-naphtalène-azo-indoxyl. F. vers 202°.
8° β-naphtalène-azo-indoxyl. F. vers 220°.

Toutes ces fusions sont accompagnées de décomposition et les températures indiquées ne peuvent être qu'approximatives.

Ces composés sont assez solubles dans les solvants usuels; mais ils cristallisent difficilement de leur solution saturée à chaud. Ils sont également un peu solubles à chaud dans les alcalis aqueux et en sont précipités par le gaz carbonique. Les solutions sulfuriques ont des nuances assez ternes, peu caractéristiques. Ils précipitent par l'eau de leurs solutions acétiques et sous cet état teignent la laine et la soie en nuances de plus en plus profondes à mesure que le poids moléculaire augmente, ce qui permet de vérifier la règle de Nietzki.

Nous avons effectué la réduction alcaline de ces corps. Baeyer avait réduit le premier d'entre eux par la poudre de zinc en milieu alcalin. La solution filtrée est jaune vert et se réoxyde à l'air en donnant de l'indigo. Il doit y avoir formation d'indoxyle, c'est-à-dire que la soudure du groupe azoïque a dû s'effectuer en position 2 sur le noyau indolique.

Nous avons répété cette expérience et vérifié les résultats de Baeyer. D'autre part, la réduction par l'hydrosulfite de soude en milieu alcalin nous a permis d'isoler avec le premier terme de la série, de l'aniline, de l'ammoniaque et de l'indirubine comme produit de réoxydation. Il est probable que la coupure de la molécule s'effectue d'abord entre les deux atomes d'azote, car autrement on obtiendrait de la phénylhydrazine qui, dans ces conditions, n'est pas réduite en aniline et en ammoniaque.

Baeyer donnait à ces corps une constitution d'azoïques. Sandmeyer reproduisit le benzène azo-indoxyle par un procédé breveté en Allemagne par la maison Geigy (1). Cette préparation fut reprise par Heller (2). Il traitait la solution benzénique de l'α-anilide de l'isatine par la phénylhydrazine.

Nous avons répété l'expérience et vérifié que ce produit était bien identique à celui obtenu à partir du diazobenzène. Cette synthèse peut faire penser aux constitutions II et III.

Nous avons donc à hésiter entre trois formules : Formule azoïque (I);

---

(1) Geigy, Brevet allemand, Kl. 12 p., n° 113981.
(2) G. Heller, *Deuts. chem. Ges.*, t. 40, 1907, p. 1298.

formule phénylhydrazine (II) et formule hydrazinique (III) :

Formule I. Formule II. Formule III.

Baeyer et Heumann [1] se sont montrés partisans de la première formule, Sandmeyer et Heller partisans de la seconde. On n'a pas encore envisagé la possibilité de la troisième.

La formule I permet d'expliquer la coloration de ces corps. En effet, les auxochromes OH et NH étant reliés indirectement au chromophore — N = N — par un système de doubles liaisons conjuguées sont dans une position particulièrement favorable au développement de la couleur et doivent avoir leur action bathochrome habituelle. D'autre part, la dissolution de ces corps dans les alcalis aqueux est violacée. Cette dissolution s'effectue sans transposition, car la teinte s'approfondit légèrement, comme cela est la règle quand on remplace l'auxochrome OH par l'auxochrome plus puissant ONa. La formule II n'est pas compatible avec la coloration des produits obtenus. En effet, sous cette forme, un auxochrome puissant (phénylaminogène) serait relié directement à un chromophore (— C = N —). On sait que dans ces conditions il y a généralement diminution de la coloration, c'est-à-dire que le corps obtenu devrait être moins profondément coloré que l'isatine elle-même (le chromophore — CN — étant à peu près de même force que — CO —). Ce fait est parfaitement vérifié pour la β-phénylhydrazone de l'isatine qui n'est que jaune, alors que l'isatine elle-même a une couleur fauve. Par contre, la teinte obtenue n'aurait rien de surprenant si l'on admettait la formule III.

La couleur observée ressemble en effet d'une manière frappante à celle de l'anilide de l'isatine en solution benzénique de couleur rouge violacée et dont la constitution sous cette forme est analogue à la formule III. Mais ce que la formule I est seule capable d'expliquer, ce sont les propriétés phénoliques des benzène-azo-indoxyles : la solubilité de ces composés dans les alcalis et leur précipitation par le gaz carbonique.

(1) Heumann, *Deuts. chem. Ges.*, t. 26, 1893, p. 226.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation du chlorure et du bromure de méthyle à partir du sulfate diméthylique.* Note de MM. **Ch. Boulin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'agitation avec un excès d'eau du sulfate diméthylique le décompose dès la température ordinaire avec libération de sulfate monométhylique conformément à la formule

(1) $$SO^2(OCH^3)^2 + H^2O = SO^2(OH)(OCH^3) + CH^3OH.$$

Cette réaction n'est pas instantanée : elle est régie par la formule [1] cinétique $x = a(1 - e^{-kt})$.

Si l'on emploie non plus l'eau pure, mais une solution chlorhydrique, le phénomène se complique : à côté de la première réaction qui continue à évoluer, il s'en produit une autre qui se manifeste par un dégagement de chlorure de méthyle :

(2) $$SO^2(OCH^3)^2 + HCl = SO^2(OH)(OCH^3) + CH^3Cl.$$

Cette réaction prend, par rapport à la première, une importance d'autant plus grande que la solution est plus riche en acide chlorhydrique, en d'autres termes que son titre T est plus élevé. Si l'on désigne respectivement par x et y le nombre des molécules de sulfate diméthylique subissant les réactions (2) et (1),

$$\frac{y}{x} = 1,61\,T - 0,14 \text{ pour les valeurs de } T > 0,20.$$

A chaque molécule d'acide chlorhydrique détruite par la réaction en correspond une nouvelle de sulfate acide de méthyle ; le titre acide se conserve donc pendant la réaction.

Ces régularités ont été observées à la température de 17° : la variation de température ne semble pas modifier le rendement en chlorure de méthyle, mais accélérer son dégagement, en sorte que si l'on consent à opérer à une température un peu plus élevée, à 50° par exemple, on peut en conclure un mode très commode de préparation du chlorure de méthyle pur.

Il suffit de faire tomber dans une solution d'acide chlorhydrique de titre T = 7 *environ du sulfate diméthylique en chauffant légèrement pour*

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 392.

avoir un dégagement régulier de chlorure de méthyle. A cette concentration initiale, il y a très peu de gaz chlorhydrique entraîné. Pour réaliser cette concentration, il suffit d'additionner l'acide chlorhydrique pur à 22° B. du tiers de son poids d'eau. Le chlorure de méthyle est pur ou, plus exactement, il renferme à peine quelques millièmes d'oxyde de méthyle. Le rendement est supérieur à 90 pour 100, calculé d'après la réaction (2).

On peut remplacer l'acide chlorhydrique par une solution aqueuse concentrée de chlorure de sodium. Mais il est peu probable que l'on puisse rendre compte du mécanisme de la réaction par la formule simpliste

$$SO^2(OCH^3)^2 + NaCl = SO^2(ONa)(OCH^3) + CH^3Cl,$$

bien qu'elle s'accorde avec son rendement.

La réaction, en effet, ne se déclenche pas à froid; au début, il est bon de porter la température à 60°-65°, quitte à la laisser retomber à 50° lorsque la réaction est amorcée. L'action de l'eau intervient d'abord, libère le sulfate acide de méthyle qui, à son tour, agit sur le chlorure, en produisant l'acide chlorhydrique, et l'on se retrouve dans des conditions analogues au cas précédent. Avec une solution à peu près saturée de sel, le rendement est voisin de 90 pour 100, mais cependant inférieur à celui qu'on obtiendrait par l'emploi de l'acide de même concentration moléculaire.

Ce qui précède s'applique à l'acide bromhydrique et aux bromures alcalins.

Avec une solution bromhydrique du titre voisin de 3, le rendement en bromure de méthyle, pour la plus grande partie liquéfié, est de 90 pour 100, soit qu'on opère à 23° en agitant, ou qu'on chauffe à 45°-50°. La densité du gaz à 13°,4 sous 760^{mm},8 a été trouvée égale à 3,326. Poids du litre : 4,104.

Nous avons déterminé la solubilité du bromure de méthyle dans l'acide acétique cristallisable : elle est de 42^g pour 100 d'acide à la température de 24°. Un volume d'acide dissout environ 100 volumes de gaz.

Pour le bromure de méthyle, il est plus avantageux de s'adresser aux bromures alcalins qu'à la solution bromhydrique. Avec les solutions concentrées de ces bromures, la réaction n'est pas instantanée; le dégagement gazeux, d'abord lent, augmente progressivement et ne prend une allure régulière qu'après quelques minutes. Dans l'intention d'éviter la lenteur initiale nous avons acidulé la solution de bromure au moyen d'acide sulfurique. La réaction est notablement accélérée et il est même bon de maintenir la température aux environs de 30°-35°. De toute manière le rendement

est toujours d'environ 90 pour 100 par rapport à l'utilisation de l'un des radicaux méthyliques; par rapport au brome mis en jeu, il est quasi quantitatif.

En résumé : l'action d'acide chlorhydrique à 16° B. sur le sulfate diméthylique constitue une préparation commode de chlorure de méthyle pur; l'action d'une solution concentrée d'un bromure alcalin, légèrement acidifié par l'acide sulfurique sur le sulfate diméthylique, constitue une préparation commode et avantageuse de bromure de méthyle.

GÉOLOGIE. — *Les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre et les anomalies de la pesanteur.* Note de M. **Zeil**, présentée par M. H. Douvillé.

A la suite des mesures de la pesanteur faites en mer, O. Hecker formule ainsi ses résultats : « On peut considérer comme démontré que la faible densité des eaux marines est compensée par la densité supérieure des couches sous-jacentes. Inversement, les masses continentales qui s'élèvent au-dessus du niveau de la mer ne représentent pas un excès véritable de masse. Mais les masses continentales apparentes sont compensées par un défaut de masse au-dessous des continents (1). »

Comme nous l'avons montré dans des Notes antérieures (2), ce n'est pas à la densité supérieure du substratum sous-marin qu'il faut attribuer l'excès de pesanteur observé sur certaines parties des mers, mais bien à la charge supplémentaire d'un substratum momentanément maintenu au-dessus de son niveau d'équilibre ascensionnel normal. De même sur les continents, ce n'est pas au défaut de masse sous-cortical qu'il faut attribuer le défaut observé, mais au défaut de masse produit par l'usure érosive de la surface topographique plus ou moins érodée et momentanément maintenue au-dessous de son niveau d'équilibre ascensionnel normal.

Aussi la proposition suivante nous paraît-elle plus adéquate aux faits observés :

Avec la phase de faux équilibre actuelle, la pesanteur est en général anormale et varie constamment; elle est systématiquement en excès sur les bas-fonds surchargés et en défaut sur les continents déchargés. L'anomalie est propor-

(1) H. Poincaré, *Ann. du Bur. des Long.*, 1911, p. A.15.
(2) G. Zeil, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1406, et t. 170, 1920, p. 397.

tionnelle à la surcharge et à la décharge produites depuis le dernier réajustement.

« Les mesures de la pesanteur faites dans l'Atlantique et dans le Pacifique montrent d'une manière concordante une large bordure positive entourant les continents, puis une zone neutre ou négative et un domaine positif fermé à l'intérieur de celle-ci ([1]). »

La large bordure positive entourant les continents correspond à la surcharge alluvionnaire issue des continents, eux-mêmes déchargés de la même masse ; la zone neutre ou négative correspond à la région où ne parviennent pas les apports continentaux et où les organismes issus des couches liquides supérieures font peu ou ne font pas varier la masse lithosphérique puisqu'ils sont en grande partie dissous avant d'atteindre le toit du substratum sous-marin. Enfin la zone centrale positive est en liaison avec deux des points les plus denses que l'on connaisse sur le globe. Dans l'Atlantique, l'aire correspondante est marquée par l'île Saint-Paul qui est formée de péridotite dont la densité est de 3,287. La région positive pacifique coïncide avec l'entassement basaltique puissant des îles Sandwich dont la densité moyenne doit être évaluée à 3 au moins.

La présence de ces roches volcaniques liée à l'excès de pesanteur constatée implique leur origine sous-corticale. En effet, si comme le veulent quelques géologues, elles étaient issues de l'intérieur de la lithosphère, la surcharge effective qu'elles apporteraient avec elles serait compensée par la décharge effective qu'elles créeraient dans leur poche originelle ; l'observation infirmant cette dernière hypothèse, elles ne peuvent provenir que de la couche sous-jacente à la lithosphère. C'est là une conséquence importante dont nous aurons à tenir compte quand nous traiterons des phénomènes volcaniques en liaison avec les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre.

L'excès de pesanteur, observé dans les régions volcaniques de Saint-Paul et des îles Sandwich, confirme l'âge relativement récent de leurs épanchements éruptifs.

Au contraire, dans l'ouest de l'Inde péninsulaire où d'épaisses couches volcaniques constituées par les trapps du Dekkan recouvrent de grandes étendues tabulaires, les anomalies de la pesanteur sont en général sans importance. C'est qu'ici, on se trouve en présence d'épanchements anciens

([1]) Ed. Suess, *La face de la Terre* (traduction Emmanuel de Margerie, p. 1603).

(de la fin du Crétacé aux débuts du Tertiaire) dont déjà plusieurs fois réajustés et sans effet sur la gravité actuelle.

En revanche, au Mauna Kea (3980m), dans les îles Hawaï, Preston, à l'aide du pendule trouva la densité extraordinaire de 3,7 au pied de la montagne; c'est donc que là il s'agit de laves récentes, fournissant un excès de pesanteur d'autant plus accentué que les laves sont plus accumulées.

Si la critique des faits et les observations futures confirment notre manière de voir, il faudra admettre que là où des produits volcaniques massifs superficiels ou internes donneront un excès de pesanteur, on se trouvera en présence de phénomènes volcaniques postérieurs au dernier réajustement géologique. C'est là une expérience de contrôle qu'il est facile d'organiser en mesurant la pesanteur sur les plus récentes coulées volcaniques accidentant la surface lithosphérique actuelle. Toutefois, en faisant ces mesures, il faudra bien se garder d'opérer sur des compartiments éruptifs récemment effondrés comme ceux que présente la partie sud-ouest de l'Islande. Ces compartiments prématurément réajustés, au lieu des résultats cherchés, fourniraient actuellement une gravité normale. Il n'est pas besoin d'insister pour faire comprendre que, si des mesures de la pesanteur avaient été faites, avant et après les tremblements de terre qui ont prématurément réajustés ces compartiments islandais, elles eussent également fourni l'expérience décisive que réclame le bien-fondé de notre théorie.

Tittmann et Hayford, à la suite de mesures pendulaires qu'ils ont faites sur toute la surface des États-Unis, ont annoncé d'une manière formelle que les États-Unis flottaient à leur niveau actuel à cause de leur faible densité. C'est toujours là une conséquence rationnelle de l'érosion constamment poursuivie depuis le dernier réajustement de cette partie continentale de l'écorce terrestre. Une autre conséquence également caractéristique de notre théorie, c'est le fait si souvent constaté par les géodésiens « que le profil de la courbe de gravité correspond remarquablement bien au négatif de la courbe du relief ». En effet, la décharge érosive s'attaquant au relief, celui-ci sera toujours positif par rapport au zéro du niveau marin, et toujours négatif par rapport à la gravité normale, alors que le bas-fond surchargé d'alluvions récentes sera toujours négatif par rapport au niveau marin, et toujours positif par rapport à la gravité normale.

On comprend que dans les plaines et les plateaux désertiques, donc dépourvus d'eau et, par suite, peu ou pas érodés, le géodésien constatera généralement une gravité normale ou presque normale. C'est ce que l'on a observé dans les plaines du Turkestan russe. Au contraire, non loin de la

limite séparant les mers des continents, il observera de fréquentes anomalies : sur mer, là où s'accumulent à la fois les sédiments provenant de la côte et les alluvions apportées par les fleuves, l'anomalie sera positive; inversement, sur terre elle sera d'autant plus négative que la côte sera plus arasée. Mais il est aisé de se rendre compte que ces anomalies systématiques seront localement en défaut, si, par exemple, la côte est basse et qu'elle s'ensable elle-même sous les apports continentaux, ou bien encore si le courant des fleuves débouchant dans la mer où les courants marins entraînent au large ces mêmes apports continentaux. Dans le premier cas, « l'observation moins calcul » fournira un résidu positif, et dans le second cas un résidu neutre ou négatif; l'un et l'autre, pouvant se trouver encadrés dans des séries d'anomalies systématiques, masqueront la règle que nous avons posée et la rendront indéchiffrable à qui ne connaît pas la clef du problème.

Faute de place, nous avons dû nous cantonner dans une discussion élémentaire des faits et résumer, en quelques lignes, les nombreux exemples que nous avons accumulés dans un Mémoire que nous destinons à une autre publication.

GÉOLOGIE. — *La pénéplaine inférieure du bassin de Paris.* Note (1) de M. G. **Denizot**, présentée par M. Émile Haug.

Une pénéplaine inférieure, dont l'existence dans le bassin de Paris a été établie dans notre précédente Note (2), réunit un ensemble de pénéplaines partielles, développées autour des massifs nivelés par la pénéplaine supérieure; bien moins étendues, elles sont par contre très exactement conservées.

A. La *pénéplaine de la Basse-Loire* débute vers 100^{m} dans l'est de la Bretagne et l'Anjou; elle s'étend de l'Océan à la Manche et entoure, vers l'Ouest, le massif de Vendée. Elle se prolonge suivant la Loire, sur une largeur de 60^{km} à 80^{km}, pour venir s'étaler sur la Beauce. Dans l'ensemble, elle s'élève vers 155^{m} (Étampes); mais cette ascension est discontinue, et la pénéplaine se décompose en une succession de zones alternativement surélevées et déprimées, allongées sur la direction générale de l'ondulation du bassin de Paris (E.-30^{γ} à 40^{γ} S.).

(1) Séance du 1er mars 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 399.

Les dénivellations ainsi créées sont d'une quinzaine de mètres, et l'on reconnaît, de l'Ouest à l'Est, les zones surélevées suivantes :

Zone de la Poitevinière (115m), prolongée vers Châtellerault?
Zone d'Ombrée (110m-115m) et de Bourgueil (120m).
Zone de Meslay (115m) et d'Amboise (120m-125m).
Zone d'Herbault (140m), prolongée vers Vierzon?
Zone de la Forêt de Marchenoir (145m-150m).
Zone de Bonneval (150m), prolongée dans la Forêt d'Orléans?

Leurs axes, à peu près équidistants d'une trentaine de kilomètres, reproduisent certains des axes de plissement du bassin ([1]), qui ont dès lors rejoué après la période d'établissement de la pénéplaine. Cette topographie n'est pas imputable à la nature du sol : elle s'étend indifféremment sur les terrains les plus variés (par exemple sur les sables sénoniens dans la zone de Bourgueil).

B. La *pénéplaine de la Seine* s'étale vers 150m dans la Normandie et le Vexin, entre le Bray et le Perche, nivelés par la pénéplaine supérieure qui a laissé les témoins du Vexin; elle présente des ondulations de même caractère que les précédentes, notamment un abaissement vers 140m dans le Drouais, par où elle se soude à la région beauceronne. Elle paraît se retrouver, dans les mêmes conditions, en amont : elle aurait 135m-140m dans la région de Fontainebleau; puis dans le Valois (lobe sud de la forêt de Retz, vers 160m, et divers petits plateaux entre 140m et 150m à l'Ouest et au Sud).

C. La *pénéplaine de la Somme* débute au-dessous de 120m dans la région d'Abbeville et se suit facilement par des aplanissements atteignant 150m près de Montdidier et de Clermont, se reliant ainsi à la pénéplaine de la Seine. Elle paraît devoir être prolongée par la *pénéplaine du Soissonnais*, s'élevant de 150m à 170m entre les deux massifs couronnés par la pénéplaine supérieure.

D. Enfin, à l'Est, la *pénéplaine de la Champagne pouilleuse* (200m au nord-ouest de Sainte-Menehould) est dans la même situation et paraît avoir son prolongement vers le Nord.

Dépôts de plateaux. — Ces dépôts, issus des résidus, peu ou pas transportés, des terrains régionaux, s'observent un peu partout : ils se caractérisent par l'absence de stratification et de classement des débris rocheux.

([1]) Cf. DOLLFUS, *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 14, 1890; *Ann. de Géogr.*, t. 9, 1900, p. 313 et 413. En dehors de la première, toutes nos zones se retrouvent dans les anticlinaux de cet auteur, notamment ceux d'Herbault, de Fontaine-Raoul et du Merlerault.

Dans les Mauges (Maine-et-Loire), ils peuvent avoir plus de 10^{m}, et, à Beaupréau, sont supportés en continuité parfaite par des sables fluviatiles localisés dans une ancienne vallée.

Relations et âge. — Ils peuvent s'établir assez exactement par la pénéplaine de la Basse-Loire.

Les terrains sont nivelés jusqu'aux faluns de Touraine (Contres); les faluns du Miocène supérieur, de caractère régressif, ont constitué leur rivage bien au-dessous de la pénéplaine. Les sables de Bretagne et d'Anjou, issus principalement du remaniement fluviatile des produits de décalcification des faluns (mais bien distincts de ces produits non remaniés), constituent en majeure partie un dépôt de remblaiement, associé au Pliocène marin à Redon [1]; ils descendent en Anjou jusqu'à la côte 40 dans d'étroites vallées (environs de Segré, vallée du Layon), pour s'élever jusqu'au niveau de la pénéplaine; en un point au moins (Beaupréau), un remblaiement de ce caractère est couronné par l'assise des dépôts de plateaux; en maint endroit ces sables ravinent les divers faluns. Le cycle pliocène paraît donc s'être terminé par l'établissement de la pénéplaine.

Ces conclusions s'étendent sans difficulté aux autres pénéplaines partielles. Toutes ces surfaces sont antérieures au creusement des vallées.

Aucun fait paléontologique ne peut être invoqué à l'heure actuelle.

La pénéplaine inférieure se date donc, avec le maximum de probabilités, du Pliocène récent ou Villafranchien.

LITHOLOGIE. — *Sur un gisement de roches éruptives à Souk el Arbâa du R'Arb* (Maroc occidental). Note [2] de M. RENÉ ABRARD.

A 4^{km} au nord de Souk el Arbâa du R'Arb affleure une bande de Trias lagunaire principalement formé de marnes bariolées gypso-salines, de cargneules, de dolomies, à stratification brouillée dans laquelle pointent des îlots de roches éruptives échelonnés sur une distance de 2^{km}; l'allure de ces pointements montre qu'il s'agit de roches englobées dans le Trias. La tectonique de la région attribue d'ailleurs au Trias une situation anormale; il se montre en une lame superposée à l'Helvétien et recouverte par une nappe éocène. C'est ainsi que M. Louis Gentil a interprété la nature du gisement de ces roches éruptives dont il a bien voulu me confier l'étude.

1° *Syénite alcaline à actinote.* — Roche leucocrate à structure grenue à éléments

(1) G. VASSEUR, *Recherches géologiques sur les terrains tertiaires.* Paris, 1881.
(2) Séance du 1er mars 1920.

moyens ou gros; les feldspaths montrent la macle de Carlsbad, l'actinote fibreuse y forme des taches d'un vert foncé. On y rencontre des cristaux de sphène d'une longueur de 2mm [p (001), h^1(100), $d^{\frac{1}{2}}$(111)].

L'examen microscopique montre les minéraux suivants : orthose, anorthose, microcline, albite très abondante quelquefois associée en microperthite avec l'orthose ou l'anorthose, les facules d'albite présentent la macle polysynthétique suivant g^1(010); actinote fibreuse d'un vert assez foncé parfois bleuâtre, pléochroïque (suivant n_g, vert foncé ou vert bleu; suivant n_p, vert clair ou jaune vert), vraisemblablement d'ouralitisation. Les autres constituants de la roche sont le sphène à contours géométriques, l'apatite rare, de même que la magnétite, l'épidote en grains disséminés, formés secondairement, le clinochlore également secondaire, enfin un peu de quartz interstitiel et de calcite.

Il y a lieu d'insister tout particulièrement sur les pressions intenses subies par cette roche (structure en ciment et extinctions roulantes, torsion des feldspaths); cet écrasement est du reste très visible à l'œil nu.

2° *Syénite à augite.* — Cette syénite est plus foncée que le type précédent. On rencontre tous les intermédiaires entre la structure grenue à éléments moyens et celle à éléments fins; elle est de plus miarolitique.

Les feldspaths montrent les macles de Carlsbad et de l'albite, l'épidote forme de nombreuses taches d'un vert clair, la magnétite en octaèdres de 1mm à 2mm est fréquente. Les druses qui parsèment la roche sont tapissées de cristaux d'albite, d'actinote en aiguilles formant parfois un véritable feutrage, de quartz. Du sphène en cristaux très nets m(110), h^1(100), $d^{\frac{1}{2}}$(111), atteignant 7mm, et quelquefois du zircon de la forme m(110), $b^{\frac{1}{2}}$(111), s'y rencontrent également.

Au microscope, on distingue les minéraux suivants : orthose, anorthose, microcline rare, albite abondante finement maclée, oligoclase montrant les macles de Carlsbad, de l'albite, de la péricline, andésine. Ces feldspaths sont parfois damouritisés.

L'augite forme de grands cristaux ayant parfois des contours géométriques; elle passe fréquemment à l'augite ægyrinique. Ce pyroxène a une tendance à l'ouralitisation, en hornblende d'un vert pâle. On rencontre aussi du sphène, de l'apatite. La magnétite associée à l'ilménite forme des treillis très étendus occupant la place de l'augite. L'ilménite très abondante forme quelquefois des grilles hexagonales et présente des transformations en rutile et en sphène. L'épidote de formation secondaire, à pléochroïsme variable, occupe une place importante dans la composition de certains échantillons, de même que le quartz interstitiel. Certains vides sont comblés par de la calcite.

Cette roche provient certainement de la modification complète d'une roche plus basique, et il semble bien que seule l'augite puisse être considérée comme l'élément primordial.

3° *Ophite.* — Il existe aussi une ophite présentant une altération particulière; son pyroxène est transformé en serpentine.

Le feldspath (surtout andésine), très abondant, se présente en cristaux allongés pénétrant les pyroxènes et les minéraux résultant de la transformation de ces derniers, ils sont très damouritisés. Il existe des cristaux de bastite épigénisant l'augite, présentant les clivages $g^1(010)$ finement serrés; les teintes de polarisation sont le gris bleuâtre ou le vert bleuâtre.

La serpentine se présente aussi sous forme d'antigorite à structure calcédonieuse, constituée par des fibres à allongement positif. Cette antigorite s'insinue dans toute la masse de la roche. L'hématite, l'épidote très rare, la calcite s'y rencontrent aussi.

L'étude pétrographique de ces roches témoigne d'abord d'actions dynamométamorphiques intenses. L'ophite est peu modifiée sous ce rapport, mais les syénites montrent partout la trace de laminage. De plus, il y a eu albitisation très générale des feldspaths, et transformation tellement profonde qu'il est très difficile de remonter à la roche originelle, qui fût vraisemblablement une roche basique.

Des phénomènes analogues ont été décrits sur les roches des pointements triasiques d'Algérie par M. Louis Gentil (¹), qui a attribué leur état sporadique à des charriages (²). La structure des roches de Souk el Arbâa du R'Arb résulte incontestablement de phénomènes du même ordre.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la relation entre les mouvements et les températures des hautes couches atmosphériques.* Note (³) de M. V. **Bjerknes**, présentée par M. Appell.

Considérons la Terre et l'atmosphère comme un système complètement symétrique par rapport à l'axe de la Terre, et animé d'un mouvement s'effectuant suivant des trajectoires circulaires autour de cet axe. Soient Ω la vitesse angulaire de la Terre solide et $\omega(x, y)$ celle d'un anneau quelconque de l'atmosphère. On mesure l'ordonnée y suivant l'axe de la Terre, et l'abscisse x suivant une ligne droite contenue dans le plan de l'équateur, mais d'une direction invariable par rapport aux étoiles fixes. Soient

(¹) *Esquisse stratigraphique et pétrographique du Bassin de la Tafna*, p. 230, 253, 267. Alger, 1902.

(²) *Notice sur les titres et travaux scientifiques*, p. 48. Ed. Larose, éditeur, 1918.

(³) Séance du 29 décembre 1919.

enfin — X et — Y les composantes suivant ces deux axes de l'attraction des masses terrestres.

Cela posé, on trouve facilement comme équation différentielle des surfaces de niveau terrestres, c'est-à-dire des surfaces équipotentielles de la force résultant de l'attraction et de la force centrifuge,

$$(1) \qquad \frac{dy}{dx} = -\frac{X}{Y} - \frac{x}{Y}\Omega^2.$$

De plus, on déduit facilement des équations hydrodynamiques comme équation différentielle des surfaces isobares de l'atmosphère

$$(2) \qquad \frac{dy}{dx} = -\frac{X}{Y} + \frac{x}{Y}\omega^2.$$

Pour discuter ces formules, remarquons que le dernier terme du second membre de l'équation (1) est celui qui donne l'aplatissement de la Terre par la force centrifuge. Plus ce terme serait grand, plus les surfaces de niveau seraient aplaties.

L'équation (2) des surfaces isobares ayant la même forme que l'équation (1) des surfaces de niveau, avec la seule différence que la fonction $\omega(x, y)$ a remplacé la constante Ω, on tire immédiatement la conclusion que voici : Dans un anneau d'air qui possède précisément la rotation de la Terre, $\omega = \Omega$, les surfaces isobares coïncideront avec les surfaces de niveau, tandis qu'elles paraîtront moins aplaties dans un anneau tournant plus lentement, plus aplaties dans un anneau tournant plus vite. Exception faite d'une zone intertropicale relativement mince, ce sont les vents d'Ouest qui dominent dans les couches atmosphériques directement accessibles à nos observations. Dans ces couches on peut donc décrire en général les surfaces isobares comme des ellipsoïdes plus excentriques que les surfaces de niveau.

Mais cette excentricité exagérée ne peut pas continuer jusqu'aux hauteurs extrêmes. Deux possibilités se présentent.

1° Supposons d'abord que l'atmosphère soit limitée, en ne s'étendant pas au delà de la limite où la force centrifuge surpasse l'attraction. On sait qu'elle peut s'étendre alors jusqu'à une certaine surface lenticulaire, ayant un diamètre équatorial de 6,6 et un diamètre polaire de 4,4 diamètres de la Terre. Cette atmosphère se meut sous l'influence de la friction des vents d'Ouest des latitudes supérieures et des vents d'Est d'une zone équatoriale relativement mince, mais qui exerce le même moment en vertu de leur

distance plus grande de l'axe terrestre. Les différences de vitesse se répartissant par la friction, il en résulte pour les parties assez élevées de cette atmosphère un mouvement de rotation comme celle d'un corps solide, et avec la vitesse angulaire de la Terre. Les surfaces isobares y auront donc la forme (1) des surfaces de niveau. Donc, au-dessus des couches où l'ellipticité des surfaces isobares surpasse celle des surfaces de niveau, il suivra une région où cette ellipticité se réduira graduellement à celle de ces dernières surfaces.

2° Faisons maintenant l'hypothèse contraire et plus probable que l'atmosphère est illimitée en se trouvant en repos à des distances suffisamment grandes de la Terre. Dans ce cas, les surfaces isobares se rapprocheront finalement des surfaces de niveau dues à l'attraction seule, c'est-à-dire des surfaces pratiquement sphériques représentées par l'équation (1) quand on y introduit $\Omega = 0$. Dans ce cas il suit donc *a fortiori* qu'au-dessus de la couche où les surfaces isobares ont une ellipticité exagérée, il en suivra une autre où cette ellipticité se réduira, pour même disparaître complètement.

Quelle que soit l'hypothèse exacte, on tire une même conséquence qualitative relativement à l'épaisseur de la couche contenue entre deux surfaces isobares : près du sol ces couches sont plus épaisses dans les régions de l'équateur que dans les régions polaires; dans des hauteurs assez grandes, par contre, elles sont plus épaisses dans les régions polaires que près de l'équateur. Mais cette épaisseur des couches isobares varie de la même manière que le volume spécifique, ou bien la température de l'air. Il en suit donc le résultat que voici :

1° Dans les couches atmosphériques inférieures, la température croît des pôles vers l'équateur. C'est le résultat bien connu. Nous l'avons déduit indirectement, comme une conséquence des mouvements observés.

2° Dans des couches atmosphériques assez hautes, la température croît de l'équateur vers les pôles.

Donc on trouvera les températures les plus basses de l'atmosphère dans des hauteurs assez grandes au-dessus de l'équateur, tandis que dans des hauteurs correspondantes au-dessus des pôles on trouve des températures relativement élevées.

Ce résultat a été vérifié par les sondages aérologiques des dernières années.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la forme primitive de la glace atmosphérique.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

C'est à propos des halos que s'est posée la question de la forme primitive de la glace, autrement dit de la constante fixant l'inclinaison des troncatures dans les cristaux de glace.

Ceux-ci appartiennent, comme on le sait, au système hexagonal. Leur examen au microscope a fréquemment révélé l'existence de facettes obliques, parallèles aux arêtes *b* des bases. Ces facettes forment, soit entre elles, soit avec les bases ou les faces latérales, divers angles dièdres pouvant jouer le rôle de prismes réfringents et paraissant fournir la seule explication possible des halos extraordinaires [1].

La forme complète présente 12 dièdres (sans compter ceux de 60° ou de 90°). Nous les noterons comme il suit : 1° Faces obliques du même pointement, entre elles : opposées, A_1; séparées par une autre, A_2; contiguës, A_3. 2° Base et face oblique : aux extrémités opposées, A_4; à la même extrémité, A_5. 3° Face latérale et face oblique, d'abord à l'opposé par rapport à l'axe sénaire, puis de plus en plus voisines et finalement contiguës : A_6, A_7, A_8 et A_9. 4° Faces obliques n'appartenant pas au même pointement, entre elles : attenantes à deux faces latérales séparées par une autre, A_{10}; à deux faces latérales contiguës, A_{11}; à la même face latérale, A_{12}.

La réfraction de la lumière dans un dièdre d'ouverture A engendrera un halo circulaire dont le rayon D_0 correspondra au minimum de déviation et sera donné par la formule bien connue

$$\sin\frac{D_0+A}{2} = n\sin\frac{A}{2}.$$

Il faut remarquer que, quelle que soit l'inclinaison X des faces obliques sur l'axe sénaire, les angles dièdres A_3 et A_5 sont toujours trop grands pour que la lumière les traverse; il en est pratiquement de même pour A_8 et A_9. Restent 8 dièdres qui, d'ailleurs, quand X varie, ne conservent pas tous une ouverture permettant à la lumière de s'y réfracter.

Les valeurs que peut prendre A dépendent de l'inclinaison X, et c'est

(1) Voir, au sujet de ces halos, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 334.

ainsi que l'on est amené à rechercher quelles sont les valeurs possibles de cette inclinaison.

Elle est très difficile à mesurer directement. Se fondant sur l'observation faite par Clarke, en 1821, d'un gros rhomboèdre de glace dont tous les angles plans étaient de 60° ou de 120°, Bravais a adopté pour l'inclinaison X correspondant à la forme primitive la valeur 54°44',1, acceptée depuis par tous les auteurs qui ont traité des halos extraordinaires.

La loi des indices rationnels permet d'en déduire une série d'autres inclinaisons possibles, dont chacune fournit huit dièdres; on dispose ainsi d'une gamme très riche de prismes réfringents à l'aide desquels on rend compte avec une approximation suffisante de tous les halos signalés, nous dirions presque de tous les halos imaginables, mais ce mode d'explication est évidemment peu satisfaisant.

Il nous a semblé que le rayon des divers halos extraordinaires était maintenant connu d'une façon assez précise pour que l'on pût essayer de suivre une marche inverse, en cherchant à remonter des rayons observés, c'est-à-dire des valeurs de A déduites de l'observation, à l'inclinaison effective des faces obliques dans les cristaux de glace.

Les halos qui fournissent, pour cette recherche, la base la plus sûre, sont ceux de Van Buijsen, de Rankin et de Burney. Ce sont les plus fréquents et il y a une liaison évidente entre ces trois phénomènes qui se montrent souvent ensemble et doivent vraisemblablement être produits par les mêmes cristaux de glace. Tout au plus peut-on admettre, pour les expliquer, le concours de deux inclinaisons différentes.

Nous avons examiné les divers modes de production possibles de ces trois halos, en nous adressant aux formes qui ont été effectivement observées [1].

Ni la forme habituelle de la glace en bâtonnets, qui est le prisme hémimorphe, ni les formes rares d'une pyramide à six pans ou d'un rhomboèdre ne fournissent de solutions acceptables. On est donc amené à recourir à la forme complète. En examinant comment varient les divers angles dièdres quand l'inclinaison varie de 0° à 90°, on constate qu'avec une inclinaison des facettes voisine soit de 25°, soit de 28°, cette forme peut donner à la

---

[1] On trouvera un très bon exposé de nos connaissances actuelles sur les cristaux de glace, dans le Mémoire de Dobrowolski, *Les cristaux de glace* (*Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi utgifvet af K. Svenska Vetenskapsakademien*, B. 6, n° 7, Stockholm 1916).

fois, non seulement les trois halos considérés, mais encore ceux de Feuillée et de Dutheil, c'est-à-dire cinq des six halos extraordinaires connus.

Le Tableau ci-après montre que les rayons calculés diffèrent peu des rayons observés. Il paraît extrêmement probable que l'explication de ces phénomènes est là.

Des deux valeurs 25° ou 28°, c'est la première qui s'accorde le mieux avec les résultats de l'observation. Peut-être est-il possible de préciser encore davantage en se fondant sur la remarque que

$$3 \operatorname{tang} 25^\circ 14',4 = \operatorname{tang} 54^\circ 44',1.$$

La valeur 54°44',1 est celle que Bravais a déduite de l'observation de Clarke. Cette considération conduit à regarder comme tout particulièrement probable la valeur 25°14',4.

Telle serait, en définitive, l'inclinaison habituelle des troncatures dans les cristaux de glace.

Notation du dièdre.	Inclinaison 28°. Angle réfringent.	Rayon du halo.	Nom du halo.	Rayon observé.	Inclinaison 25°14',4. Angle réfringent.	Rayon du halo.	Nom du halo.	Rayon observé.
	° '	° '		° '	° '	° '		° '
A_1......	56	19.54	Burney	19.15	50.28,8	17.26	Rankin	17.39
A_2......	80.15,0	34.56	Feuillée	32–35°	76.51,8	32.10	Feuillée	32–35°
A_3......	127.36,4	»	»	»	126.13,2	»	»	»
A_4......	62	22.52	»	»	64.45,6	24.21	Dutheil	24
A_5......	118	»	»	»	115.14,4	»	»	
A_6	28	8.57	Van Buijsen	8.40	25.14,4	8. 2	Van Buijsen	8.40
A_7......	63.48,2	23.49	Dutheil	24	63. 6,6	23.27	Dutheil	24
A_8......	116.11,8	»	»	»	116.53,4	»	»	»
A_9......	152	»	»	»	154.45,6	»	»	»
A_{10}.....	52.23,6	18.16	Rankin	17.39	53.46,8	18.53	Burney	19.15
A_{11}.....	99.45,0	»	»	»	103. 8,2	»	»	»
A_{12}.....	124	»	»	»	129.31,2	»	»	»

ANÉMOMÉTRIE. — *Sur la variation des indications des anémomètres Robinson et Richard en fonction de l'inclinaison du vent.* Note de M. **C.-E. Brazier**, présentée par M. E. Bouty.

Au cours d'une série d'essais faits au Laboratoire aérodynamique de M. Eiffel ([1]), j'ai été amené à rechercher dans quelle proportion l'inclinaison des courants aériens pouvait affecter les mesures de la vitesse du vent, faites avec le moulinet Robinson et le moulinet Richard. Voici le résumé des premiers résultats que j'ai obtenus.

Dans la position de fonctionnement normal, la formule généralement admise $V = A + Bn$, dans laquelle V est la vitesse du courant d'air, n le nombre de tours du moulinet par seconde, A et B deux constantes à déterminer par l'expérience, représente assez bien les résultats que m'a fournis l'anémomètre Robinson pour des vitesses comprises entre 5 et 30 m/s.

Pour l'anémomètre Richard à moulinet hélicoïdal, muni de palettes ovales de 88^{mm} sur 104^{mm}, j'ai trouvé qu'une relation empirique à 3 termes, $n = aV + bV^2 + cV^3$, suffit pratiquement à calculer la vitesse vraie d'après la vitesse de rotation du moulinet. De petites déformations des ailettes paraissent n'exercer qu'une influence négligeable si celles-ci conservent la même surface. Mais, si leur surface est diminuée, le terme en V^3 devient moins important. Il peut être négligé quand les dimensions linéaires des ailettes sont réduites de $\frac{1}{3}$.

Des relations de même forme restent applicables quand les moulinets sont inclinés sur les filets d'air de 30° par rapport à leur position normale de fonctionnement; il suffit de multiplier par un facteur donné le second terme de l'équation $n = \varphi(V)$, correspondant aux conditions normales d'utilisation de l'instrument, pour obtenir la relation $n_1 = \psi(V)$ qui convient dans les conditions actuelles. Sous l'inclinaison de 30°, j'ai trouvé que ce facteur est pour le Robinson 1,1, pour le Richard 0,8.

L'expérience m'a montré que, dans un courant d'air de vitesse constante, la variation de la vitesse de rotation des anémomètres Robinson et Richard n'est pas une fonction simple de l'angle d'inclinaison du plan du moulinet par rapport à la direction des filets d'air.

([1]) J'exprime à M. Eiffel toute ma gratitude pour avoir bien voulu me faciliter ces expériences, en mettant à ma disposition les ressources de son laboratoire modèle, et je remerçie ses collaborateurs de l'accueil cordial que j'ai rencontré auprès d'eux.

Voici, à titre documentaire, les résultats de trois essais faits dans un courant d'air dont la vitesse était maintenue à 15 m/s.

MOULINET RICHARD. Diamètre extérieur 314^{mm}. Ailettes hélicoïdales, pas 1^{m}. Forme ovale 88^{mm}-104^{mm}.		MOULINET ROBINSON.			
		Coupes de 105^{mm} de diamètre. Diamètre de centre en centre des coupes : 533^{mm}.		Coupes de 16^{mm} de diamètre. Diamètre de centre en centre des coupes : 59^{mm}.	
α.	n.	α.	n.	α.	R.
90°...	16,6	0°...	3,7	70°...	Le moulinet tourne dans le sens ordinaire.
80...	16,2	10...	3,9		
70...	15,2	20...	4,0	75...	Le moulinet reste immobile.
60...	13,2	30...	4,2	80...	Le sens de la rotation est inversé.
50...	10,4	40...	3,9	90...	La rotation a toujours lieu en sens inverse, mais est plus rapide.
40...	8,1				
30...	5,1			100...	La rotation est toujours dans le sens inverse, mais plus lente.
20...	1,8				
10...	Rotation irrégulière en sens inverse.			105...	Le moulinet reste immobile.
				110...	La rotation se fait de nouveau dans le sens ordinaire.
0...	Rotation très lente et irrégulière.				

α = angle des filets d'air avec le plan du moulinet.
n = nombre de tours du moulinet par seconde.
R = sens de la rotation.

Les phénomènes constatés avec le moulinet Robinson de dimensions réduites utilisé dans le troisième essai m'ont conduit à réaliser l'expérience suivante : deux coupes de 68^{mm} de diamètre sont montées aux extrémités d'une tige de 173^{mm} de longueur pouvant tourner autour d'un axe passant par son milieu. L'ensemble ainsi constitué représente un moulinet Robinson réduit à l'un de ses éléments. Placé dans un courant d'air dont la vitesse est 5 m/s, l'appareil est amené dans une position telle que le plan passant par le centre des coupes et par l'axe de rotation vertical soit parallèle aux filets d'air dirigés horizontalement. Lorsqu'on l'abandonne à lui-même, il tourne en sens inverse du sens ordinaire, et s'arrête quand la tige joignant les deux coupes fait avec les filets d'air un angle assez notable. Dans cette position les filets d'air rencontrent la convexité de la coupe avant la concavité de la coupe arrière. Si l'on augmente la vitesse du courant d'air, le système se met à osciller autour de cette position, les oscillations augmentent peu à peu d'amplitude et lorsque celle-ci est suffisante pour amener l'ensemble à 30° environ de sa position initiale, de manière que la coupe avant présente nettement sa concavité au vent, un mouvement de rotation continu s'établit dans le sens ordinaire.

Donc un système ainsi constitué, placé dans un courant d'air, passe au cours d'une rotation complète par quatre positions d'équilibre : deux stables et deux instables. Chaque position d'équilibre stable se trouve à environ 30° de la position d'équilibre instable la plus rapprochée. Quand la vitesse du courant d'air est suffisante (de l'ordre de 10 m/s) le mouvement de rotation continu s'établit à la suite d'une série d'oscillations autour de l'une des positions d'équilibre stable, oscillations dont l'amplitude s'accroît jusqu'à ce que le système dépasse la position d'équilibre instable la plus voisine.

Pendant le passage de la position d'équilibre instable à la position d'équilibre stable suivante, le couple produit par l'action du courant d'air est moteur; ce couple est résistant pendant le passage de la position d'équilibre stable à la position d'équilibre instable qui le suit immédiatement.

Quoique des recherches plus précises s'imposent pour relier ces constatations expérimentales au fonctionnement des anémomètres à rotation, il m'a paru intéressant de les signaler dès maintenant à l'attention des personnes qui s'occupent d'anémométrie.

BOTANIQUE. — *Sur les éléments figurés du cytoplasme.* Note de M. **A. Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'introduction des méthodes mitochondriales a réalisé en cytologie un progrès considérable en permettant de différencier les éléments figurés du cytoplasme. Les premiers résultats de l'observation du cytoplasme par cette méthode n'ont pu échapper à des erreurs qu'une analyse toujours plus précise permettra de rectifier. Les recherches que nous poursuivons dans ce but nous ont amené à des résultats que nous résumerons aujourd'hui en prenant comme exemple les cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica*.

I. Si l'on examine sur le vivant une très jeune feuille, on observe dans les cellules épidermiques un grand nombre d'éléments filamenteux ressemblant tout à fait à un chondriome. Ces éléments diffèrent cependant des mitochondries par le fait qu'ils fixent intensivement les colorants vitaux. Colorés par le rouge neutre ou le bleu de nil, ils apparaissent sous forme de petits grains isolés ou réunis en chaînettes, de bâtonnets et surtout de filaments très minces, plus ou moins allongés, parfois ramifiés, constitués par une substance réfringente et visqueuse (*fig.* 1). On peut apercevoir à côté de ces éléments d'autres filaments de même forme, mais non colorés, qui représentent le chondriome. Les filaments colorables s'anastomosent et forment des

réseaux, puis ils se gonflent, deviennent de plus en plus fluides, se transforment en gros globules qui, par fusions successives et hydratation, finissent par constituer la grosse vacuole des cellules adultes. Il semble donc que les vacuoles naissent par hydratation d'une substance préexistante dans les cellules sous des formes mitochondriales. Cette substance présente les caractères des composés phénoliques. Elle n'a

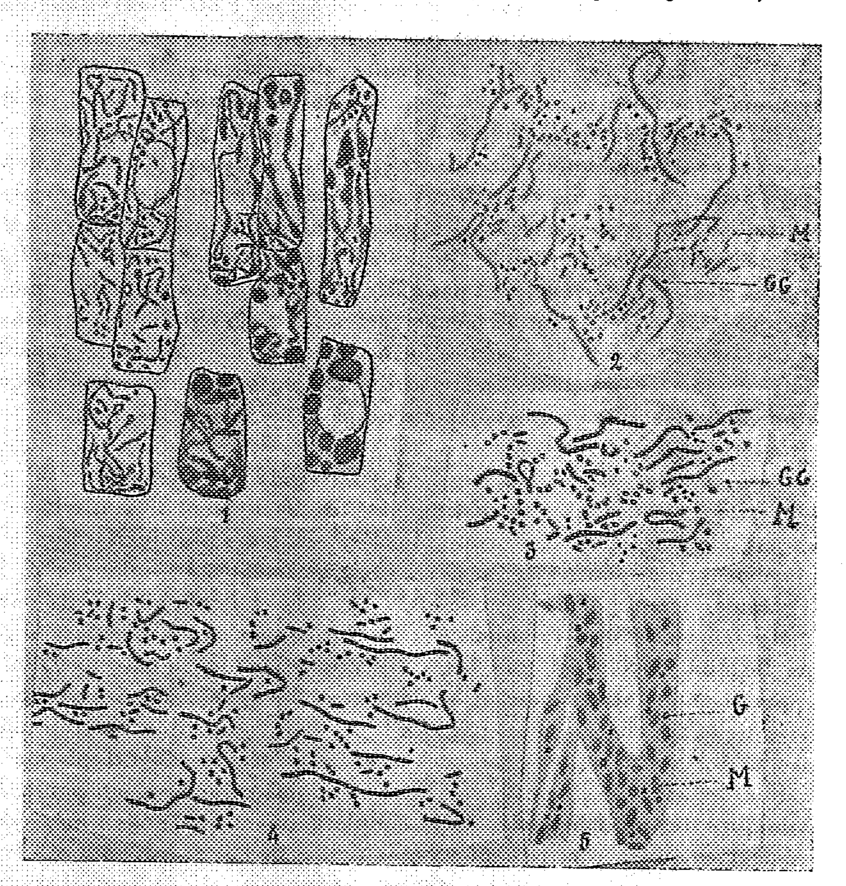


Fig. 1 à 4. — Éléments figurés du cytoplasme de l'épiderme de la feuille d'Iris.
Fig. 5. — Cytoplasme de *Loxodes rostrum*, d'après Fauré-Frémiet.

aucune relation chimique avec la substance bien définie que nous avons désignée chez les Champignons sous le nom de *métachromatine*. Elle ne se colore même pas métachromatiquement et n'a de commun avec la métachromatine que la propriété de se colorer vitalement, propriété qu'elle partage avec beaucoup d'autres corps de natures très diverses. C'est donc à tort qu'elle a été désignée par M. Dangeard sous le nom de *métachromatine*.

Ces éléments de formes mitochondriales représentent ce que M. Dangeard a décrit sous le nom de *vacuome* et considère comme représentant le chondriome de la cellule animale. Malgré l'apparence mitochondriale frappante qu'ils présentent sur le vivant, ces éléments ne correspondent, ni par leurs caractères histo-chimiques, ni

par leur évolution au chondriome des animaux. Leur relation avec le chondriome est donc incertaine. Pour les comparer à des formations connues dans la cellule animale, il faut les rapprocher de l'*apparato-reticulare* de Golgi et des canalicules de Holmgren dont les relations avec le chondriome sont très confuses.

II. Dans une feuille plus développée, il devient facile d'observer vitalement le chondriome. Les cellules sont constituées par un cytoplasme pariétal entourant une grosse vacuole parcourue par de fins trabécules protoplasmiques. Le chondriome apparaît avec une grande netteté au sein d'un cytoplasme homogène. Il est constitué par des chondriocontes allongés, onduleux, parfois ramifiés, par des mitochondries granuleuses et de courts bâtonnets. Ces divers éléments n'ont pas la même valeur et, comme nous l'avons montré, ils constituent deux catégories de mitochondries. Les chondriocontes, en effet, élaborent dans les jeunes feuilles de petits grains d'amidon et peuvent, à certains stades, se remplir de globules graisseux: ce sont des amyloplastides; les autres éléments ne participent pas à ces élaborations. Cependant, comme ces deux catégories de corps présentent les mêmes caractères histo-chimiques, sont susceptibles de se diviser et de prendre les mêmes formes filamenteuses, il faut les considérer l'une et l'autre comme des éléments du chondriome. Ajoutons que les chondriocontes présentent un contour suffisamment net pour ne pas être confondus avec les trabécules du cytoplasme (*fig.* 2).

En dehors des éléments du chondriome, on observe dans le cytoplasme un grand nombre de petits granules qui se distinguent très facilement des mitochondries granuleuses par leur réfringence beaucoup plus accusée, leurs plus petites dimensions et leurs mouvements plus actifs (*fig.* 2, GG). Contrairement à l'opinion de M. Dangeard ces granules n'ont jamais été confondus avec les mitochondries. Ils ont été décrits par Maximon et Fauré-Frémiet (*fig.* 5). Sur coupes fixées et colorées par la méthode de Regaud, on obtient une belle différenciation du chondriome dont les éléments apparaissent teints en noir et se détachent du cytoplasme à peine coloré, aussi nettement que des chromosomes (*fig.* 4). Il est donc impossible, contrairement à ce que pense M. Dangeard, de les confondre avec les trabécules du cytoplasme dans une préparation réussie. Ces éléments présentent tous les caractères morphologiques et histo-chimiques des mitochondries de la cellule animale que nous avons étudiés comparativement et qui, contrairement à l'opinion de M. Dangeard, sont des formations bien définies. Quant aux petits granules réfringents, ils ne semblent pas se colorer, car les mitochondries granuleuses colorées ont toutes une dimension supérieure à celle qu'auraient ces granules. Les préparations fixées par la méthode de Benda et colorées par la fuchsine acide permettent au contraire de distinguer avec la plus grande netteté ces granules; les éléments du chondriome sont teints en rouge et les granules réfringents apparaissent comme de petits grains brunis par l'acide osmique (*fig.* 3). On voit donc que M. Dangeard a confondu les granules réfringents avec les mitochondries granuleuses, seules colorables par les méthodes mitochondriales.

On peut conclure qu'il y a lieu de distinguer dans la cellule végétale :

1° Un appareil vacuolaire (vacuome de M. Dangeard) qui présente à son origine des formes mitochondriales ;

2° Un chondriome semblable à celui de la cellule animale et constitué par deux variétés de mitochondries;

3° De petits globules de nature probablement lipoïde qui n'ont rien de commun avec le chondriome.

BOTANIQUE. — *Sur la transmission de la fasciation et de la dichotomie à la suite de la greffe de deux vignes portugaises.* Note (¹) de M. José Duarte d'Oliveira, présentée par M. Gaston Bonnier.

En physiologie végétale, il se produit parfois des faits extraordinaires qu'il est intéressant de signaler, ne serait-ce que pour appeler l'attention sur eux. J'en ai récemment observé un qui, à ma connaissance du moins, n'a pas encore été décrit et qui me semble absolument nouveau chez la vigne greffée, bien que les effets du greffage de cet arbuste aient été longuement et minutieusement étudiés partout où s'est faite la reconstitution des vignobles sur ceps américains.

Le sujet peut-il communiquer ou transmettre à son greffon tout ou partie de ses caractères individuels? Cette question a soulevé maintes controverses et l'on est encore loin de s'entendre sur ce point en viticulture. Cependant on a signalé des exemples très caractéristiques d'une semblable transmission, et le fait que je vais rapporter ici en fournit une nouvelle preuve.

Aux environs de Porto, sur des rangées du *Riparia* × *Rupestris* 3309, j'avais greffé le Gonçalo Pires, cépage portugais qui a pour caractères spécifiques permanents de porter des rameaux fasciés et presque toujours dichotomes. Comme c'est une vigne à grand rendement, un cépage d'abondance qui donne des vins de médiocre qualité, je le surgreffai avec un cépage rouge, produisant peu mais fournissant d'excellent vin, la variété Albino de Souza qui possède des tiges normales, c'est-à-dire ne se fasciant pas et ne se ramifiant jamais dichotomiquement. Cette surgreffe fut faite l'an dernier, au mois de mars. Or, au mois de juin suivant, je constatai, dès les premiers débuts du développement, que les pousses du greffon Albino de Souza étaient fasciées et dichotomes comme celles de son sujet, le Gonçalo Pires. Depuis lors, jusqu'au repos de la végétation, le greffon a continué à végéter exactement comme le sujet sur lequel il était surgreffé. Il y a donc eu une transmission très nette de deux caractères spécifiques du sujet Gonçalo Pires à son greffon Albino de Souza.

(¹) Séance du 1er mars 1920.

Il me semble problable que l'on pourrait obtenir des phénomènes de même ordre en surgreffant des vignes à rameaux fasciés comme le Cannon Hall par exemple, avec d'autres variétés de *Vitis vinifera* à rameaux normaux. Cette expérience est des plus faciles à faire et l'on pourrait ainsi se rendre compte si la transmission que j'ai constatée est exceptionnelle ou au contraire constante. Je me propose d'entreprendre cette année des recherches nouvelles dans ce sens et je serais heureux que d'autres observateurs en fissent d'analogues. Ces essais pourront ainsi donner lieu à des observations curieuses. Aussi, bien qu'il s'agisse dans le cas que je rapporte ici d'un fait concernant une seule année de développement chez le greffon, j'ai cru utile de le signaler dès maintenant tant pour montrer, dans ce cas particulier, la réalité de l'influence spécifique du sujet sur le greffon que pour susciter des recherches nouvelles sur une question aussi intéressante pour la science que pour la viticulture.

BOTANIQUE. — *Immunité des plantes annuelles vis-à-vis des champignons symbiotiques*. Note de M. J. Magrou, présentée par M. Costantin.

L'examen des statistiques publiées par divers auteurs sur les plantes à mycorhizes montre qu'en règle générale, les plantes vivaces sauvages hébergent des champignons, tandis que les plantes annuelles en sont dépourvues. Noël Bernard s'appuyait sur ces données pour généraliser à l'ensemble des plantes supérieures l'hypothèse de l'origine cryptogamique des organes pérennants, qu'il avait pu démontrer expérimentalement dans le cas des Orchidées.

Je me suis proposé de vérifier dans un cas particulier la règle générale de l'immunité des plantes annuelles vis-à-vis des champignons de mycorhizes, et d'analyser le mécanisme de cette immunité.

Les expériences ont porté sur l'*Orobus coccineus* Mill. (= *Lathyrus sphaericus* Retz), Papilionacée annuelle, dont un congénère vivace, *Orobus tuberosus* Linn., héberge régulièrement un endophyte qui a été décrit par Gallaud (¹). Des graines d'*O. coccineus* ont été semées dans des pots renfermant de la terre prélevée dans les bois de Chaville, au pied d'*Orobus tuberosus* abondamment infestés. Les graines ont germé en quelques jours, et les plantes qu'elles ont produites ont été récoltées, en vue de l'étude des racines, au bout de temps qui ont varié de 40 à 131 jours après le semis. Passé ce dernier délai, les Orobes avaient mûri leurs fruits.

L'examen de coupes en séries pratiquées dans les racines des lots de

(¹) *Revue gén. de Bot.*, t. 17, 1905.

plantes soumis à l'expérience montre qu'au début (plante de 40 jours), l'*Orobus coccineus* se laisse largement envahir par le champignon endophyte, qui se présente dans l'écorce des racines sous le même aspect que Galland a décrit chez *Orobus tuberosus :* troncs mycéliens intercellulaires à protoplasma réticulé, arbuscules intracellulaires à fines ramifications dichotomiques. Mais à cette phase d'invasion étendue succède rapidement une réaction phagocytaire brutale de la plante, qui a pour effet de détruire la totalité du champignon. Chez des échantillons prélevés 70 jours après le semis, la plupart des racines se montrent envahies, mais partout les champignons ont atteint le stade ultime de la destruction; ils sont réduits à de petits corps de dégénérescence surcolorables, n'occupant plus qu'une portion minime des cellules qui les renferment. Les troncs mycéliens ne sont généralement plus reconnaissables; parfois, pourtant, il en subsiste des vestiges, sous forme de filaments rétractés, surcolorables, vidés de leur contenu protoplasmique. Le processus de digestion intracellulaire porte donc bien dans ce cas, non seulement sur les arbuscules, mais aussi sur les hyphes principales.

Le sort du champignon est tout différent chez les plantules d'*Orobus tuberosus* provenant de graines semées dans les mêmes conditions; ici encore, on observe dès le début une large infestation des racines, mais au contraire du cas précédent, cette infestation se maintient pendant toute la durée de l'évolution de la plante. Chez un échantillon récolté plus de cinq mois après le semis, la plupart des plages infestées étaient formées de champignons biens vivants, avec un abondant lacis de gros filaments intercellulaires à protoplasma réticulé, et des arbuscules en admirable état de conservation. En d'autres points, les arbuscules étaient plus ou moins digérés, mais dans ce cas même, la phagocytose respectait les troncs mycéliens principaux, qui continuaient à propager l'infestation.

La résistance des hyphes à la phagocytose est plus évidente encore chez des plantes plus âgées. Chez un *Orobus tuberosus* prélevé le 3 mars, huit mois après le semis, et avant la poussée des racines de l'année nouvelle, on voit en abondance, dans les vieilles racines, d'énormes filaments vésiculeux, à protoplasma réticulé et souvent multinucléé, et enkystés dans d'épaisses membranes à double paroi. Les mêmes formes s'observent chez l'*Orobus tuberosus* adulte, dans les vieilles racines récoltées au cours de l'hiver. Il s'agit là manifestement de formes de résistance du champignon, capables d'hiverner dans les racines, et, le printemps venu, de servir de point de départ à une invasion nouvelle, ainsi qu'en témoigne la présence, au voisinage immédiat des filaments enkystés, de mycélium jeune, à membrane mince, et d'arbuscules en voie de formation.

Chez l'Orobe annuel, l'invasion de l'endophyte n'aboutit donc qu'à la production d'une association instable et fugace, tandis que chez l'Orobe à tubercules, une symbiose durable s'établit entre le champignon et la plante.

Dans une Note antérieure ([1]), j'ai montré que chez certains pieds de Pomme de terre, la résistance à l'établissement de la symbiose est liée de même à la destruction par phagocytose des troncs mycéliens principaux de l'endophyte. Or ces Pommes de terre, qui ont détruit en totalité les champignons qui tentaient de les envahir, ont évolué par la suite sans donner de tubercules; elles se sont donc comportées comme des plantes annuelles. Chez des pieds d'un *Solanum* annuel (*S. nigrum*), récoltés dans des stations naturelles variées, j'ai observé une immunité de même ordre, caractérisée par la présence de plages infestées rares et restreintes, formées de champignons dégénérés. D'autre part, une étude comparée de pieds de *Mercurialis perennis* et de *Mercurialis annua*, prélevés à l'état adulte dans des localités diverses, a montré, dans le premier cas, l'existence d'une symbiose bien établie, avec filaments enkystés et vésicules ; dans le second cas, une destruction totale de l'endophyte, succédant à une invasion étendue.

En résumé, dans les cas examinés, la symbiose paraît avoir pour condition essentielle la résistance des troncs mycéliens à la phagocytose, qui se limite électivement aux arbuscules. Au contraire l'immunité, qu'il s'agisse de plantes annuelles ou de plantes vivaces anormalement résistantes, tient à la destruction totale de ce même mycélium, qui peut être primitive, s'exerçant dès les premières tentatives de pénétration (Pomme de terre, *Solanum nigrum*), ou secondaire à un large envahissement des racines (*Orobus coccineus, Mercurialis annua*).

Les associations anormales entre Orchidées et champignons, réalisées expérimentalement par Noël Bernard ([2]), offrent des équivalents exacts de ces deux types d'immunité. Dans les semis de *Bletilla hyacinthina* ou de Cattléyées inoculés avec un *Rhizoctonia repens* atténué, le mycélium est rapidement digéré par les cellules qu'il pénètre, et ne produit ainsi qu'une infestation très restreinte. Par contre, chez les Cattléyées associées au *Rhizoctonia mucoroides*, endophyte des *Phalœnopsis* et des *Vanda*, la progression du champignon est au début anormalement rapide, mais elle se heurte bientôt à une réaction phagocytaire brutale, qui détruit tous les pelotons mycéliens formés. Ces rapprochements entre les processus d'immunité mis en œuvre par des plantes diverses vis-à-vis d'endophytes qui ne sont pas leurs hôtes habituels, suggèrent l'existence d'une loi dont une enquête plus étendue permettra d'apprécier le degré de généralité.

([1]) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 50.
([2]) *Ann. des Sc. nat., Bot.*, t. 9, 1909.

PHYSIOLOGIE. — *Fonction cholestérinogène de la rate.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **L.-C. Soula**, présentée par M. Charles Richet.

Au cours de recherches sur l'action de la sécrétine, nous avons été amenés à constater un fait nouveau : l'injection d'acide chlorhydrique dilué dans le duodénum détermine un enrichissement du sang artériel en cholestérine. Cette augmentation de la cholestérinémie ne se produit pas chez un animal dératé.

Un chien dont le sérum de sang carotidien contenait $1^g,153$ de cholestérine par litre en fournit, un quart d'heure après l'injection de 100^{cm^3} de HCl à $\frac{5}{1000}$ dans le duodénum, $2^g,307$, soit une augmentation de $1^g,154$.

Si, avant de faire l'injection acide, on enlève la rate à l'animal ou si on lie simplement le hile de l'organe, il ne se produit plus d'accroissement du taux de la cholestérine. On constate même assez souvent une diminution. On observe le même fait sur le lapin comme sur le chien.

D'autre part, la teneur en cholestérine du sang de la veine splénique est supérieure à celle du sang artériel.

Un chien qui avant l'injection d'acide présentait une cholestérinémie artérielle de $2^g,875$ par litre et de $3^g,427$ après, donnait un sang veineux splénique contenant $3^g,710$ avant l'injection d'acide et $3^g,929$ après.

De plus, il y a toujours plus de cholestérine dans le sang de la veine splénique que dans celui des veines sus-hépatique; $3^g,710$ pour le sang splénique contre $2^g,506$ pour le sang sus-hépatique avant l'injection d'acide, $3^g,929$ après l'injection pour la veine splénique contre $2^g,665$ pour le sang venant du foie.

Dans toutes nos expériences, l'extraction et le dosage de la cholestérine ont été faits par la méthode élégante et précise de Grigaut.

Il résulte donc de ces constatations qu'il se forme de la cholestérine dans la rate. Nous pouvons démontrer cette formation par des expériences *in vitro*.

On fait deux lots de pulpe splénique de chien qu'on mélange à 20^{cm^3} de sang artériel rendu incoagulable par addition de $0^g,50$ de citrate de soude pour 100.

Un de ces lots (A) est traité immédiatement en vue de l'extraction et du dosage.

L'autre (B) est laissé dans l'étuve à 37° pendant 24 heures, avec deux

gouttes d'essence de moutarde pour prévenir les altérations microbiennes.

Le lot A donne 0g,033, de cholestérine.
Le lot B en donne 0g,063, soit 0g,030 en plus.

On fait des lots de 10g avec de la pulpe splénique de veau. On ajoute à chaque lot 15cm³ de sérum artificiel de Ringer-Locke; chaque lot est additionné de trois gouttes d'essence de moutarde.

Un lot traité immédiatement donne 0g,500 de cholestérine pour 100g de pulpe.

Les autres lots sont placés dans l'étuve à 37°.

	Cholestérine pour 100g de pulpe.
	g
Au bout de 24 heures	0,580
» de 48 heures	0,680
» de 6 jours	0,399
» de 10 jours	0,150

Donc, d'abord accroissement, puis diminution de la teneur en cholestérine. La rate peut former et détruire cette substance.

De plus, la rate est de tous les organes ou tissus que nous avons étudiés celui qui paraît seul doué manifestement de la fonction cholestérinogène.

On fait des lots de 1g de pulpe splénique, de pulpe hépatique, de pulpe surrénale de chien, en suspension dans 5cm³ d'une solution de fluorure de sodium à 2 pour 100.

Les lots traités immédiatement ont donné (pour 100g de pulpe) :

Rate = 0g,231; Foie = 0g,059; Surrénale = 6g,000

et, après 48 heures de séjour à 37° :

Rate = 0g,930; Foie = 0g,186; Surrénale = 5g,302,

soit une augmentation de 0g,709 pour la rate, de 0g,127 pour le foie et une diminution de 0g,698 pour la surrénale.

Cette diminution s'observe encore plus nettement pour le sang.

Un sang artériel (chien) qui contenait 1g,060 de cholestérine par litre, n'en contient plus que des traces quand il a été abandonné 48 heures à l'étuve après addition de fluorure.

Aux dépens de quelles substances la rate forme-t-elle de la cholestérine?

Nous ne connaissons qu'imparfaitement la constitution de la cholestérine. Son noyau semble pourtant se rattacher à la série terpénique et pouvoir être rapproché de celui de l'acide cholalique. Des transformations dans l'organisme de l'acide cholalique en cholestérine ou réciproquement peuvent être envisagées.

Or si l'on ajoute à de la pulpe de rate de veau un peu d'acide cholalique, on obtient un rendement plus considérable en cholestérine.

On fait trois lots de 10^g de pulpe splénique avec 15$^{cm^3}$ de solution fluorée à 2 pour 100 : A, B, C. Aux lots A et C on ajoute 0^g,05 d'acide cholalique. A est traité immédiatement, B et C sont placés dans l'étuve.

	Pour 100^g de pulpe.
	g
Cholestérine : lot A	0,500
Lot B, au bout de 48 heures	0,680
Lot C (avec acide cholalique)	1,110

Soit une différence en plus, pour C, de 0^g,430, correspondant à très peu de chose près à l'acide cholalique ajouté.

Tous ces faits semblent bien démontrer l'existence d'une fonction cholestérinogène de la rate, le foie ne possédant cette propriété qu'à un degré infiniment moindre. D'ailleurs, le fait essentiel que l'injection d'acide chlorhydrique dans le duodénum augmente nettement la cholestérinémie, alors que cette augmentation ne se produit plus après ablation de la rate, montre bien le rôle prépondérant de cet organe dans la cholestérinogénèse.

BIOLOGIE. — *Les huîtrières : leur développement, leur classement, leur exploitation.* Note [1] de M. **J.-L. Dantan**, présentée par M. Henneguy.

Pendant longtemps, les ostréiculteurs ont peu recherché, pour l'engraissement, les huîtres des bancs naturels : ils préféraient celles des parcs qui permettent d'obtenir des produits de qualité supérieure.

La guerre ayant déterminé une réduction considérable de l'élevage artificiel, il est devenu nécessaire d'avoir recours, dans une large mesure, aux huîtrières et celles-ci, laissées à peu près au repos pendant la plus grande partie des hostilités, sont devenues extrêmement prospères.

Les bancs naturels ayant pris, de nouveau, comme avant les expériences de Coste, une très grande importance, je me propose d'exposer quelques observations faites sur le littoral, au cours de nombreuses opérations de dragages.

Les huîtrières peuvent être divisées en deux groupes : dans le premier se placent celles qui servent uniquement à fournir des produits pour l'engrais-

(1) Séance du 1er mars 1920.

sement et la vente; dans le second se rangent celles qui, en même temps que ce but, ont aussi celui de produire du naissain.

Quelques bancs du Morbihan, ceux d'Auray, de la Trinité et de la baie de Quiberon, font seuls partie de cette dernière subdivision. Là, les jeunes, aussitôt après leur fixation, subissent, dans leur croissance, un temps d'arrêt et, pendant leur première année, leur augmentation de taille est très faible. Cette période critique une fois franchie, la pousse est rapide sur le banc de Quiberon, tandis qu'elle reste toujours lente dans les deux autres régions.

L'huîtrière de Quiberon ne donne du naissain qu'aux établissements de la petite anse du Pô et peut-être aussi à ceux de la rivière de Crac'h; son importance, à ce point de vue, paraît beaucoup moindre que celle des deux autres : aussi ces dernières ne doivent-elles être exploitées qu'avec beaucoup de prudence et toujours de façon qu'elles contiennent le plus grand nombre possible d'huîtres mères.

Sur tous les autres bancs, cette sorte de période critique, observée au moment des métamorphoses, n'existe pas : la croissance est toujours rapide, surtout dans les premières années; elle est même, le plus souvent, trop rapide puisqu'elle aboutit à la formation d'un mollusque possédant une coquille énorme.

Il résulte de là qu'une réglementation unique ne peut s'appliquer parfaitement à tout le littoral.

Ce ne sont pas les seuls faits que nous devions envisager pour exploiter rationnellement nos bancs naturels. Leur prospérité ne dépend pas seulement des conditions plus ou moins favorables du milieu; elle tient également à la quantité de larves qui, chaque été, viennent s'y fixer et celles-ci peuvent leur être fournies par eux-mêmes et par les parcs du voisinage quand il en existe.

Dans les rivières d'Auray et de la Trinité, où l'on fait peu de demi-élevage, les larves sont surtout produites par les huîtrières, qui doivent, de plus, être assez prospères pour donner du naissain à des millions de collecteurs artificiels.

Il en est tout autrement dans le golfe du Morbihan, où il y avait, autrefois, de nombreux bancs. A la demande des pêcheurs, ils ont été déclassés et, peu après, ruinés. Cependant, comme la région est très favorable à leur développement et que les huîtres de parcs, très nombreuses, émettent, chaque année, des larves en quantité prodigieuse, ils tendent constamment à se reformer, mais sont aussitôt détruits par des draguages incessants. Ce n'est évidemment point là le meilleur parti à en tirer. Cette méthode

d'exploitation est mauvaise, et mauvaise surtout pour les pêcheurs qui draguent des huîtres si petites qu'elles n'ont presque pas de valeur. Les ostréiculteurs y perdent beaucoup moins : il est probable, en effet, que le *nombre* d'huîtres récoltées sur ces bancs ne serait pas sensiblement supérieur s'ils étaient classés. Nous devons, par suite, reconnaître, bien que le classement soit certainement préférable, que l'inconvénient de les laisser libres à l'exploitation n'est pas très grand.

Sur toutes les autres huîtrières (Quiberon, Scorff, Blavet, baie de Brest, Tréguier, Cancale, Granville, Manche), les larves ne sont fournies que par les bancs eux-mêmes; il faut donc, pour que leur prospérité soit assurée, qu'ils contiennent un nombre d'huîtres mères tel qu'elles puissent donner la quantité de naissain suffisante pour compenser les pertes dues aux draguages et à leurs ennemis naturels.

Il est très difficile d'apprécier par les draguages, seul moyen que nous ayons à notre disposition, la richesse des bancs. Pour me rendre compte des renseignements qu'ils peuvent donner, j'ai d'abord déterminé, sur ceux qui découvrent aux très grandes marées, quel était le nombre moyen d'huîtres qu'ils contiennent par mètre carré; sur la Réserve de la Trinité, par exemple, il est de 137, ce qui montre que les huîtres ne sont pas en couches épaisses, comme le croient encore les pêcheurs et beaucoup d'ostréiculteurs. J'ai ensuite constaté, en mesurant exactement la surface raclée par la drague, qu'elle n'en recueille que la 140e partie. Toutefois ceci n'est exact que pour le début de la pêche : elles sont ensuite, peu à peu, détachées plus facilement et récoltées en plus grande quantité.

Les huîtres d'un banc peuvent être, sinon toutes, du moins à peu près toutes, enlevées par un draguage prolongé et la région devient alors improductive pour un temps plus ou moins long; aussi, pour toutes les huîtrières, le principe de leur exploitation doit-il être celui des cantonnements. On sait qu'il consiste, après avoir déterminé exactement leur étendue, dans leur division en un certain nombre de zones, variable suivant les conditions de leur développement, qui seront exploitées successivement.

Les pêcheurs et les ostréiculteurs prétendent qu'il est nécessaire de draguer souvent les bancs pour les nettoyer. Les visites que j'ai effectuées, depuis dix ans dans le Morbihan, m'ont toujours montré que les draguages ne déterminent aucun changement appréciable sur les fonds, qui sont toujours, là, à peu près dans le même état.

Une autre affirmation des pêcheurs est que plus les huîtrières sont draguées, plus elles deviennent prospères. Cependant il est bien connu qu'un

draguage intensif a toujours amené leur appauvrissement et même très souvent leur disparition temporaire ou définitive. D'autre part, dans les rivières d'Auray et de la Trinité, les Réserves, qui ne sont jamais livrées à l'exploitation, sont de beaucoup les parties les plus riches.

L'importance de nos huîtrières est donc telle que nous devons, d'abord, par une réglementation bien établie, faire donner à celles qui existent tout ce qu'elles peuvent produire, puis nous efforcer de reconstituer celles qui sont disparues par suite d'une exploitation non méthodique.

Nos côtes merveilleuses, qui pourraient produire une quantité d'huîtres (et d'autres mollusques) de beaucoup supérieure à celle dont nous avons besoin, restent, pour de nombreuses causes qu'il ne convient pas de rechercher ici, en majeure partie inexploitées, et ceci pour le plus grand dommage des populations du littoral, des consommateurs et du Trésor qui ne retire pas du domaine public maritime la dixième partie de ce qu'il pourrait produire.

A 17 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Schlœsing*, père :

En première ligne.	M. **Gabriel Bertrand**
En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique.	MM. **Gustave André** **Léon Lindet**
En troisième ligne, ex æquo et par ordre alphabétique.	MM. **Émile Demoussy** **Pierre Mazé** **Maximilien Ringelmann**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures trois quarts.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MARS 1920.

PRÉSIDENCE DE M HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les groupes de M. Bianchi.* Note (1) M. G. HUMBERT.

1. Dans une Note précédente (2) j'ai fait connaître une extension du groupe *modulaire* relatif au corps $i\sqrt{P}$; les substitutions du groupe étendu, Γ, sont, sous forme symbolique,

$$(S) \qquad \left| x, \;\; y; \;\; \frac{\lambda}{A}x + \frac{\mu}{A}y, \;\; \frac{\nu}{A}x + \frac{\rho}{A}y \right|,$$

où l'on prend successivement pour A des idéaux *ambigus*, non équivalents et d'ailleurs quelconques, du corps, et où λ, μ, ν, ρ désignent des entiers de A, tels seulement que $\lambda\rho - \mu\nu = \mathfrak{N}A$. Nous allons voir d'abord comment l'expression des (S) mène à l'extension due à M. Bianchi; il sera ensuite parlé du domaine fondamental du groupe étendu *à une variable* correspondant à Γ, et quelques applications arithmétiques seront indiquées brièvement.

Observons d'abord que les (S) ne doivent s'appliquer qu'aux formes d'Hermite, f, du corps $i\sqrt{P}$, et que, une (S) étant opérée dans f, sur x et y, et l'opération conjuguée l'étant sur x_0, y_0, on doit, au dénominateur du résultat *formel*, remplacer AA_0 par $\mathfrak{N}A$: le résultat final de la substitution ne sera donc pas altéré si, dans l'expression de (S), on remplace A par la quantité *réelle* $\sqrt{\mathfrak{N}A}$; bien entendu les λ, μ, ν, ρ seront toujours des entiers

(1) Séance du 8 mars 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 554.

de l'idéal A vérifiant $\lambda\rho - \mu\nu = \mathfrak{N}A$. On change ainsi, en introduisant un radical, les substitutions (S) de forme symbolique en des substitutions effectives, qu'on va étudier.

2. *Soit* $P \equiv 1 \pmod 4$; posons $P = p_1 p_2 \ldots p_\nu$, les p_i étant premiers distincts. Le *discriminant*, $-4P$, *du corps* $i\sqrt{P}$ admet donc les facteurs premiers $2, p_1, \ldots, p_\nu$, qui, décomposés en idéaux premiers, donnent

$$(2) = \Pi_0^2, \qquad (p_\rho) = \Pi_\rho^2.$$

Pour les idéaux ambigus A, non équivalents deux à deux, on prendra les $\Pi_\alpha \Pi_\beta \ldots \Pi_\rho$ et les $\Pi_0 \Pi_\alpha \ldots \Pi_\rho$, en n'oubliant pas que les idéaux $\Pi_1 \Pi_2 \ldots \Pi_\rho$ et $\Pi_{\rho+1} \ldots \Pi_\nu$ sont équivalents, de même que leurs produits par Π_0.

Sous une autre forme, on décomposera P en deux facteurs positifs, d'une manière quelconque, $P = r_1 r_2$ et l'on aura, pour les A, les deux types

$$A' = (r_1, i\sqrt{P}), \qquad A'' = (2r_1, r_1 + i\sqrt{P}).$$

La permutation de r_1 et r_2 conduirait à des idéaux équivalents; on peut donc supposer $r_1 < r_2$.

Dans le premier cas, les λ, μ, ν, ρ sont de la forme

$$m' r_1 + n' i\sqrt{P} \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{N}A' = r_1,$$

de sorte que (S), après remplacement de A' aux dénominateurs par $\sqrt{\mathfrak{N}A'}$, devient la substitution *ordinaire :*

$$(S_1) \qquad \begin{cases} x' = (m\sqrt{r_1} + ni\sqrt{r_2})x + (q\sqrt{r_1} + si\sqrt{r_2})y, \\ y' = (m'\sqrt{r_1} + n'i\sqrt{r_2})x + (q'\sqrt{r_1} + s'i\sqrt{r_2})y, \end{cases}$$

$m, n, \ldots, q', s'$ désignant des *entiers ordinaires* quelconques, tels seulement que le déterminant de (S_1) soit $+1$.

Dans le second cas, les λ, μ, ν, ρ sont de la forme

$$2m' r_1 + n'(r_1 + i\sqrt{P}) \qquad \text{et} \qquad \mathfrak{N}A'' = 2r_1;$$

on trouvera de même la substitution

$$(S_2) \qquad \begin{cases} x' = \dfrac{1}{\sqrt{2}}(m\sqrt{r_1} + ni\sqrt{r_2})x + \dfrac{1}{\sqrt{2}}(q\sqrt{r_1} + si\sqrt{r_2})y, \\ y' = \dfrac{1}{\sqrt{2}}(m'\sqrt{r_1} + n'i\sqrt{r_2})y + \dfrac{1}{\sqrt{2}}(q'\sqrt{r_1} + s'i\sqrt{r_2})y, \end{cases}$$

les entiers ordinaires $m, \ldots, s'$ étant tels que le déterminant de (S_2) soit $+1$, et vérifiant de plus $m \equiv n$, $q \equiv s$, $m' \equiv n'$, $q' \equiv s' \pmod 2$.

Si l'on pose $\frac{x}{y} = z$, $\frac{x'}{y'} = z'$, et si l'on passe au groupe à une variable, on retombe ainsi, aux notations près, sur le groupe étendu qu'a fait connaître M. Bianchi [1], sans d'ailleurs indiquer les idées qui l'ont conduit à sa découverte, et que MM. Fricke et Klein ont rattaché ensuite [2] à celui des substitutions semblables de la forme réelle $xt - y^2 - Pz^2$.

3. Pour $P \equiv 2 \pmod 4$, le discriminant du corps étant $-P$, les (S) se réduisent aux seules (S_1), ce qui est d'accord avec les formules de M. Bianchi. Pour $P \equiv 3 \pmod 4$, *dans le cas de l'anneau* $i\sqrt{P}$, on ne trouve encore que les (S_1) et, *dans le cas du corps* $i\sqrt{P}$, on retomberait sur les résultats de M. Bianchi.

4. *Domaine fondamental de* Γ. — Ici Γ est le groupe à une variable formé par les substitutions Σ :

$$(\Sigma) \qquad z' = \left(\frac{\lambda}{\sqrt{\mathfrak{N}A}} z + \frac{\mu}{\sqrt{\mathfrak{N}A}}\right) : \left(\frac{\nu}{\sqrt{\mathfrak{N}A}} z + \frac{\rho}{\sqrt{\mathfrak{N}A}}\right),$$

où A, λ, μ, ν, ρ sont définis comme ci-dessus.

M. Bianchi (*loc. cit.*), pour un certain nombre de valeurs de P, a formé le domaine, $\mathfrak{D}'$, de Γ dans le demi-espace ξ, η, τ de Poincaré, par la méthode des symétries, qui ne conduit pas nécessairement au but.

On peut toujours obtenir $\mathfrak{D}'$, d'une manière sûre, par une voie indiquée au Tome 169, 1919, p. 208, des *Comptes rendus*.

Pour $P \equiv 1$ ou $2 \pmod 4$, $\mathfrak{D}'$ est limité latéralement par les quatre plans P', d'équations $\xi = \pm \frac{1}{2}$, $\eta = \pm \frac{1}{2}\sqrt{P}$, et, inférieurement, par des sphères ayant leurs centres dans le plan $\tau = 0$, et définies ainsi : λ, ν étant les valeurs des coefficients λ et ν relatifs à une Σ, la sphère correspondante, dite (λ, ν), a pour centre le point $\frac{\lambda}{\nu}$, du plan $\tau = 0$, et pour rayon $\sqrt{\mathfrak{N}A : \nu\nu_0}$, ν_0 désignant l'imaginaire conjuguée de ν. Or, les λ, μ, ν, ρ sont entiers de A, soumis uniquement à $\lambda\rho - \mu\nu = \mathfrak{N}A$: cette relation prouve que les idéaux (λ) et (ν) ont A pour plus grand commun diviseur; réciproquement, s'il en est ainsi, on peut, dans A, trouver μ et ρ tels que $\lambda\rho - \mu\nu = \mathfrak{N}A$.

En d'autres termes, A étant donné, les sphères (λ, ν) sont celles de

---

(1) *Math. Annalen*, t. 42, 1893.

(2) *Fonctions automorphes*, t. 1, p. 580.

centre $\frac{\lambda}{\nu}$ et de rayon $\sqrt{\mathfrak{N}A : \nu\nu_0}$, où λ et ν désignent des entiers de A, tels que les idéaux (λ) et (ν) admettent le plus grand commun diviseur A. Quand λ et ν sont donnés, la théorie des nombres quadratiques permet facilement de reconnaître si cette condition est satisfaite.

Pour $P \equiv 3 \pmod 4$, et dans l'anneau $i\sqrt{P}$, on limite encore ϖ' latéralement par les quatre plans P′, et, inférieurement, par les sphères (λ, ν); ici λ et ν sont des entiers de A tels qu'on puisse en trouver deux autres, μ et ρ, vérifiant $\lambda\rho - \mu\nu = \mathfrak{N}A$ (les A étant ici les A′ du n° 2). On reconnaît aisément, en posant $\lambda = a + bi\sqrt{P}$, $\rho = x + yi\sqrt{P}$, ..., en séparant le réel de l'imaginaire et discutant les équations obtenues, que λ et ν sont des entiers de A tels que $\frac{\lambda\lambda_0}{\mathfrak{N}A}$, $\frac{\nu\nu_0}{\mathfrak{N}A}$ et $\frac{\lambda\nu_0}{\mathfrak{N}A}$, qui sont des entiers de l'anneau, n'admettent aucun diviseur, entier ordinaire, commun.

On cherchera dès lors à former une région, ϖ', du demi-espace $\tau \geqq 0$, limité latéralement par les quatre plans P′, inférieurement par des sphères (λ, ν), et dans laquelle aucune telle sphère ne pénètre : cela se pourra toujours et ϖ' sera un domaine du groupe de Bianchi.

Exemple : $P = 6$; on aura $A' = 1$, $A'' = (2, i\sqrt{6})$.

On prend $\lambda = 0$, $\nu = 1$ dans A′, et $\lambda = i\sqrt{6}$, $\nu = 2$ dans A″, d'où les deux sphères

$$\xi^2 + \eta^2 + \tau^2 = 1, \qquad \xi^2 + \left(\eta - \frac{\sqrt{6}}{2}\right)^2 + \tau^2 = \frac{1}{2},$$

qui, avec les quatre plans P′, limitent une région ϖ', domaine de Γ. M. Bianchi a obtenu le même domaine par les symétries.

Pour $P = 5$, on retrouverait aussi le résultat de M. Bianchi, par $A' = 1$, $\lambda = 0$, $\nu = 1$ et $A'' = (2, 1 + i\sqrt{5})$, $\lambda = 1 + i\sqrt{5}$, $\nu = 2$.

5. *Application.* — *Soit* $P = 6$; une forme positive d'Hermite, *du corps* $i\sqrt{6}$, est dite *réduite dans le groupe* Γ si son représentatif appartient à ϖ'; les conditions de réduction de la forme

$$f = (a,\ b_1 + ib_2\sqrt{6},\ b_1 - ib_2\sqrt{6},\ c)$$

sont dès lors

$$(1) \qquad 2|b_1|,\ 2|b_2| \leqq a; \qquad a \leqq c; \qquad a + c \geqq 6|b_2|.$$

Soit k' le nombre d'automorphies de f (dans le groupe Γ à deux variables); on aura $k' = 2$, sauf *peut-être* si, dans les relations (1), *auxquelles on joint* $|b_1| \geqq 0$, il y a au minimum *deux signes* =, dont l'un, au moins, figure dans les *deux dernières* (1).

Or, dans les trois cas suivants :

$a = c$ et $2|b_1| = a$; $2|b_1| = a$ et $a + c = 6|b_2|$; $2|b_2| = a$ et $a + c = 6|b_2|$,

a et c sont pairs, et f n'est pas *propre*.

Si l'on se borne aux formes propres, primitives ou non, de discriminant Δ (*premier à* 3), il reste les trois cas :

1° $a = c$ et $a + c = 6|b_2|$, d'où $a = c = 3|b_2|$ et $\Delta = ac - b_1^2 - 6b_2^2 = 3b_2^2 - b_1^2$, ce qui exige b_2 impair, $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = -1$, et, si Δ est impair, $\left(\frac{3}{\Delta}\right) = +1$.

2° $a = c$ et $b_1 = 0$; d'où $\Delta = a^2 - 6b_2^2$, a impair, $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = +1$, et, si Δ est impair, $\left(\frac{6}{\Delta}\right) = +1$.

3° $b_1 = 0$, $a + c = 6|b_2|$; d'où $\Delta = 3b_2^2 - [a - 3|b_2|]^2$, et $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = -1$, avec, si Δ est impair, $\left(\frac{3}{\Delta}\right) = +1$.

Ce sont là les seuls cas où k' *peut* être > 2 ; sans les étudier à fond, nous nous bornerons à indiquer *des* types de valeurs de Δ, premières à 3, qui, *sûrement*, ne rentrent dans aucun d'eux.

Δ *impair et* $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = +1$. — Les cas 1° et 3° ne peuvent se présenter ; le cas 2° sera exclu si l'on suppose en outre $\left(\frac{6}{\Delta}\right) = -1$; cela entraîne $\Delta \equiv 13$ ou $7 \pmod{24}$, valeurs pour lesquelles, dès lors, $k' = 2$.

Δ *impair et* $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = -1$. — Le cas 2° est exclu ; les cas 1° et 3° le seront si $\left(\frac{3}{\Delta}\right) = -1$, d'où $\Delta \equiv 5$ ou $17 \pmod{24}$, et, pour ces valeurs, $k' = 2$.

Δ *pair et* $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = +1$. — Le cas 2°, seul possible, est exclu par $\Delta = a^2 - 6b_2^2$, qui exige *a pair*. Donc encore, pour ces valeurs de Δ, on a $k' = 2$.

$\Delta \equiv 0 \pmod 4$. — Les trois cas sont exclus, car : 1° $\Delta = 3b_2^2 - b_1^2$ exige b_2 et b_1 *pairs*, d'où a et c pairs ; 2° $\Delta = a^2 - 6b_2^2$ exige a et c pairs ; 3° $\Delta = 3b_2^2 - [a - 3|b_2|]^2$ exige b_2 et a pairs, et c, par $a + c = 6|b_2|$, serait pair aussi.

$\Delta \equiv -2 \pmod 8$. — Même conclusion.

Dès lors, pour tous ces types de Δ, on a $k' = 2$, et, par un résultat de la Note précédente, le nombre $\mathcal{H}_1(\Delta)$ des classes d'Hermite *étendues*, positives, propres, primitives ou non, de discriminant Δ, a pour expression

$$\mathcal{H}_1(\Delta) = 2\mathfrak{N}_1(\Delta) = \frac{6}{8}\left[1 + \left(\frac{-\Delta}{3}\right)\frac{1}{3}\right] \cdot \sum d\left(\frac{-6}{d'}\right),$$

la somme Σ portant sur les décompositions en facteurs (positifs) $\Delta = dd'$, avec d' impair.

On conclut de là, par un raisonnement souvent utilisé dans nos Notes antérieures, une formule nouvelle, qui concerne les *formes quadratiques binaires ordinaires*.

Soit $\varphi_h(\mathrm{N})$ le nombre des *réduites de Gauss*, binaires et positives, (a, b_1, c), primitives ou non, mais propres, de discriminant N, pour lesquelles on a *à la fois* (h étant entier $\geqq 0$)

$$a \geqq 2h, \qquad a + c \geqq 6h, \tag{2}$$

avec la convention que si, dans (2), figure un [1] signe $=$, la réduite de Gauss correspondante compte pour $\frac{1}{2}$, au lieu de 1, dans $\varphi_h(\mathrm{N})$.

Cela posé, si Δ est un entier positif quelconque, premier à 3, de l'un des types ci-dessous :

1° $\Delta \equiv 5, 7, 13, 17 \pmod{24}$;

2° $\Delta \equiv 0, 4, 6 \pmod 8$;

3° $\Delta \equiv 2 \pmod 8$, avec $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = +1$, c'est-à-dire $\Delta \equiv 10 \pmod{24}$; on a la formule

$$\varphi_0(\Delta) + 2\varphi_1(\Delta + 6.1^2) + \ldots + 2\varphi_h(\Delta + 6h^2) + \ldots = \frac{3}{4}\left[1 - \left(\frac{\Delta}{3}\right)\frac{1}{3}\right] \cdot \sum d\left(\frac{-6}{d'}\right). \tag{3}$$

Le domaine $\mathcal{D}'$ n'a pas de sommet dans le plan $\tau = 0$; la cote τ minimum y est $\frac{1}{\sqrt{12}}$; donc, pour une réduite (dans Γ) d'Hermite, on a $\frac{\sqrt{\Delta}}{a} \geqq \frac{1}{\sqrt{12}}$, ou $a \leqq \sqrt{12\Delta}$. D'ailleurs, par (2), h est $\leqq \frac{1}{2}a$, en sorte que, dans la formule (3), h ne dépasse pas $\sqrt{3\Delta}$, ou encore, si $h > \sqrt{3\Delta}$, on a

$$\varphi_h(\Delta + 6h^2) = 0.$$

La formule (3) pourrait être étendue si l'on étudiait de plus près les cas où k' peut dépasser 2. On a des résultats analogues pour P quelconque [2].

---

[1] Il ne peut y avoir deux signes $=$, la réduite étant *propre*.

[2] *Errata* aux *Comptes rendus*, t. 170, 1920. Page 482, à la fin de la ligne 3 (en remontant), *ajouter* « et, par (2), $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = +1$ ».

Page 483, à la fin de la ligne 4, *ajouter* « Si $\left(\frac{\Delta}{3}\right) = -1$, le terme $\frac{1}{2}\sum\left(\frac{3}{d}\right)$, au second membre de (4), doit être supprimé ».

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherche et caractérisation du glucose dans les végétaux, par un procédé biochimique nouveau.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **M. Bridel.**

Pour pouvoir affirmer avec certitude la présence du glucose dans un suc végétal, il faut, après l'avoir isolé et purifié, s'être assuré de ses propriétés physiques et chimiques.

L'extraction de ce sucre d'un milieu aussi complexe que l'est un suc de plante, et par les seules méthodes que nous connaissons, demande en général beaucoup de temps; elle n'est même pas toujours possible, en particulier lorsque le suc n'en renferme que de faibles proportions.

Aussi a-t-on cherché depuis longtemps à le caractériser directement dans le milieu où il se trouve, sans s'astreindre à l'isoler préalablement. On a recommandé pour cela d'utiliser surtout les propriétés qu'il possède : 1° de réduire à chaud la liqueur cupro-potassique; 2° d'éprouver la fermentation alcoolique en présence de la levure de bière; 3° de donner naissance, lorsqu'on le traite par l'acétate de phénylhydrazine, à une osazone qui peut être reconnue à sa forme cristalline et à son point de fusion.

Mais aucune de ces propriétés n'est spécifique du glucose. Il est même d'autres sucres qui les possèdent toutes les trois.

Ainsi les aldohexoses, les aldopentoses, les cétoses, le maltose, le gentiobiose, le cellobiose et même certains principes immédiats autres que les sucres possèdent des propriétés réductrices.

De même, le lévulose, le mannose, le galactose, le maltose, le saccharose fermentent par la levure de bière.

En outre, lévulose et mannose donnent avec la phénylhydrazine la même osazone que le glucose. D'ailleurs le glucose peut être accompagné d'autres sucres réducteurs, et ces divers sucres réunis donnent un mélange d'osazones impossibles à différencier.

Enfin ni le procédé comportant l'extraction du glucose, ni le recours à ses propriétés ne fournissent de renseignements sur les proportions dans lesquelles le sucre existe dans la plante.

Le nouveau procédé biochimique paraît l'emporter sur les précédents, du moins en ce qui concerne les difficultés que nous venons de signaler. En effet, il n'exige pas la séparation du glucose; il est basé sur une réaction appartenant exclusivement au glucose et il permet de calculer approximativement la proportion de ce sucre que renferme la plante essayée, ce qui

a son importance lorsque l'on veut savoir ce qu'il représente dans la masse des produits réducteurs de cette plante.

Ce procédé, on peut le définir d'un mot : *c'est le procédé renversé de recherche des glucosides par l'émulsine :*

Lorsque, à une solution aqueuse renfermant un de ces glucosides, on ajoute de l'émulsine, on sait que celle-ci exerce aussitôt son action hydrolysante, qu'il y a mise en liberté de glucose réducteur et, en même temps, déplacement de la rotation vers la droite.

Mais l'action de l'émulsine est réversible, de sorte que, si l'on en ajoute à une solution de glucose dans un alcool, il y aura glucosidification de l'alcool: la proportion de glucose diminuant et la rotation de la solution se déplaçant vers la gauche d'autant plus que le glucoside formé est toujours lévogyre. C'est cette réaction glucosidifiante de l'émulsine qui est employée à la recherche du glucose. Un exemple fera mieux comprendre.

On fait, dans de l'alcool méthylique à 70 pour 100 en poids ($59^g,7$ d'alcool pour 100^{cm^3}) une solution de glucose renfermant $2^g,0565$ de ce sucre pour 100^{cm^3} [1]. On a ainsi un liquide dextrogyre dont la rotation, pour $l = 2$, est $+ 2°20'$. On l'additionne de $0^g,50$ d'émulsine et on l'abandonne à la température du laboratoire. Au moment où la réaction s'arrête, c'est-à-dire au moment où elle a atteint l'équilibre, on constate que la rotation est devenue $- 50'$ (déplacement à gauche de $3°10'$) et que $1^g,6978$ de glucose, soit 82,55 pour 100, se sont combinés à l'alcool. On peut d'ailleurs extraire aisément le méthylglucoside formé; il suffit pour cela d'évaporer la solution à sec sous pression réduite et de reprendre le résidu par de l'éther acétique bouillant : le glucoside cristallise par refroidissement.

On voit qu'une telle opération établit : 1° que le sucre contenu dans la solution est du glucose puisqu'il s'est combiné à l'alcool méthylique pour donner du méthylglucoside; 2° que la solution en renferme sensiblement 2^g pour 100^{cm^3}, car il a été démontré que dans l'alcool méthylique à 70 pour 100 en poids, l'équilibre est atteint lorsque 82,6 centièmes du glucose sont combinés [2].

---

(1) On a choisi l'alcool méthylique parce que la glucosidification de cet alcool est une des plus faciles à réaliser et qu'on a déjà déterminé, dans un travail spécial, les proportions de glucose qui se combinent pour atteindre l'équilibre dans des alcools méthyliques de différents titres, depuis 10 pour 100 jusqu'à 95 pour 100 en poids. [Em. Bourquelot et Em. Verdon, *La réversibilité des actions fermentaires: Emulsine et méthylglucoside* β (*J. de Ch. et de Ph.*, 7e série, t. 7, 1913, p. 377)].

(2) Em. Bourquelot et Em. Verdon, *loc. cit.*

Bien qu'il n'y eût pas à douter que le glucose seul pût s'unir à l'alcool méthylique sous l'action de l'émulsine, il n'était pas superflu, cependant, de s'assurer directement que la présence, dans la solution, d'autres sucres réducteurs voisins du glucose n'amène pas de changement dans la réaction. On a donc préparé les trois solutions suivantes :

II.	Glucose	2g,0565
	Mannose	2g,0565
	Alcool méthylique à 70 pour 100 : q. s. p f.	100cm³
III.	Glucose	2g,0565
	Lévulose	1g,8915
	Alcool méthylique à 70 pour 100 : q. s. p. f.	100cm³
IV.	Glucose	2g,029
	Arabinose	2g,029
	Alcool méthylique à 70 pour 100 : q. s. p. f.	100cm³

A chacune de ces solutions, on a ajouté 0g,50 d'émulsine, après quoi on les a abandonnées à la température du laboratoire jusqu'à l'arrêt de la réaction glucosidifiante. Voici les résultats de ces expériences comparés à ceux que l'on a obtenus avec le glucose seul (voir plus haut).

	I. Glucose seul.	II. Glucose et mannose.	III. Glucose et lévulose (¹).	IV. Glucose et arabinose.
Rotation initiale ($l=2$)	+2°20′	+3°12′	−0°38′	+5°58′
Rotation à l'arrêt ($l=2$)	— 50′	+ 2′	″	+2°50′
Déplacement à gauche	3°10′	3°10′	″	3° 8′
Sucre réducteur combiné	1g,6978	1g,7183	1g,6942	1g,6998
Sucre réducteur combiné (pour 100)	82,55	83,55	82,38	83,77

L'équilibre a donc été atteint dans les quatre essais pour une proportion de sucre combinée qui est sensiblement la même pour tous (83 pour 100 environ), ce qui montre suffisamment que le glucose seul est glucosidifié par l'émulsine dans des mélanges de sucres. Les petites différences en plus que l'on a observées en présence de mannose et d'arabinose semblent rentrer dans les limites des erreurs d'expérience.

Le procédé a été mis en pratique dans divers cas, notamment pour la recherche du glucose dans les baies de Genévrier et pour sa caractérisation

(¹) Dans cet essai, la rotation n'a pas été relevée, le pouvoir rotatoire du lévulose dans l'alcool méthylique variant fortement avec la température.

dans les produits retirés de l'Orchis à odeur de bouc (*Loroglossum hircinum* Rich.).

I. Les baies de Genévrier commun (*Juniperus communis* L.) sont très riches en sucre réducteur. Les baies desséchées en renferment souvent plus de 10 pour 100 (calculé en glucose). Mais comme les extraits qu'elles fournissent sont lévogyres ou faiblement dextrogyres, il y avait lieu de penser que le glucose ne constitue qu'une partie, peut-être même une faible partie de ce sucre.

On a épuisé 250^g de baies sèches par de l'alcool à 80° bouillant; on a distillé à fond la solution alcoolique et obtenu 85^g d'extrait.

Pour enlever à cet extrait les matières résineuses qu'il renfermait et d'autres matières qui auraient pu entraver l'action synthétisante de l'émulsine, on l'a traité, à quatre reprises, par 400^{cm^3} d'éther acétique anhydre bouillant, liquide qui ne dissout que des traces de sucres [1].

L'extrait, redissous dans un peu d'eau, puis distillé à sec, sous pression réduite, afin d'éliminer les dernières traces d'éther acétique, ne pesait plus que 48^g. On l'a dissous dans une quantité d'alcool méthylique à 70 pour 100, suffisante pour faire 500^{cm^3} et l'on a obtenu ainsi une solution qui renfermait $4^g,188$ de sucre réducteur pour 100^{cm^3} et qui accusait au tube de 2^{dm} une rotation de $+24'$.

On l'a additionnée de $2^g,50$ d'émulsine et abandonnée à la température du laboratoire. La réaction synthétisante a atteint l'équilibre le quinzième jour.

A ce moment, la proportion de sucre réducteur s'était abaissée à $3^g,510$ pour 100^{cm^3}. La proportion de glucose combiné à l'alcool méthylique s'élevait donc, pour le même volume, à $0^g,678$. En admettant que, dans l'alcool méthylique à 70 pour 100, l'équilibre n'est atteint que lorsque 82,6 pour 100 de glucose sont combinés à cet alcool, on voit que 100^{cm^3} de solution devaient en contenir $0^g,820$, ce qui correspond à $1^g,640$ pour 100^g de baies et pour $8^g,376$ de sucre réducteur. Le glucose représente donc 19,5 pour 100 du sucre réducteur.

On a d'ailleurs distillé à sec la solution fermentaire, déféqué le résidu, distillé à nouveau et repris le deuxième résidu par l'éther acétique bouillant; celui-ci a laissé déposer des cristaux dont le pouvoir rotatoire a été

[1] Le résidu provenant de l'évaporation des solutions éthéro-acétiques pesait 37^g; il réduisait à peine la liqueur cupro-potassique.

trouvé égal à $-32°,5$, c'est-à-dire, par conséquent, des cristaux de méthylglucoside β, glucoside dont le pouvoir rotatoire est précisément $-32°,5$.

II. Au cours des opérations effectuées pour isoler le glucoside du *Loroglossum hircinum* Rich. (1), nous avions vu se déposer spontanément et en abondance, à l'état cristallisé, soit dans les liqueurs alcooliques, soit dans les liqueurs acétoniques un produit dont l'identification avec le glucose n'a été définitivement établie que grâce au nouveau procédé biochimique.

Ce produit, qui paraissait homogène, possédait la multirotation comme le glucose, mais son pouvoir rotatoire stable était beaucoup plus faible que celui de ce dernier. Ainsi le pouvoir rotatoire des cristaux déposés dans l'acétone était de $+28°,5$ et celui des cristaux déposés dans l'alcool était de $+31°,3$ (au lieu de $52°,5$). Comme on les supposait accompagnés de cristaux du glucoside du *Loroglossum* (glucoside lévogyre), on a traité le second produit par de l'éther acétique bouillant pour enlever celui-ci et le pouvoir rotatoire est monté à $+38°,7$. On a fait de nouvelles purifications dans l'alcool à 95° et obtenu successivement $+48°,33$, puis $+51°,1$: en dernier lieu, par conséquent, un chiffre très voisin du pouvoir rotatoire du glucose.

Toutefois, comme il restait encore quelque doute, on a eu recours à la méthode biochimique. On a fait dissoudre $0^g,88$ de cristaux desséchés dans quantité suffisante d'alcool méthylique à 70 pour 100 pour faire 100^{cm^3}, puis on a ajouté à la solution 1^g d'émulsine et abandonné celle-ci à la température du laboratoire. Lorsque l'équilibre a été atteint, on a filtré, distillé à sec sous pression réduite et traité le résidu à l'ébullition par un mélange composé de 10^{cm^3} d'alcool à 95° et de 25^{cm^3} d'éther acétique. Par refroidissement et repos, des cristaux se sont déposés, dont le pouvoir rotatoire a été trouvé égal à $-32°,57$. Ces cristaux étaient donc du méthylglucoside β et le produit cristallisé essayé était bien du glucose. Le pouvoir rotatoire de celui-ci s'était trouvé abaissé par de faibles proportions du glucoside lévogyre que renferme le *Loroglossum*, la loroglossine, lequel a pu être isolé.

(1) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Application de la méthode biochimique à l'étude de plusieurs espèces d'Orchidées indigènes. Découverte d'un glucoside nouveau, la « loroglossine »* (*Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 701).

MÉDECINE. — *La purification électrique de l'air.*
Note (¹) de MM. **d'Arsonval**, **Bordas** et **Touplain**.

Le problème du captage des particules solides ou liquides entraînées par l'air ou par les gaz dans certaines fabrications a attiré depuis longtemps déjà l'attention de nombreux savants. Il a été résolu dans l'industrie par l'emploi de différents procédés tels que chambres à poussière, filtration, lavage, etc.

L'idée de soumettre les particules solides ou liquides à l'action d'un champ électrique intense de direction perpendiculaire à la direction du courant gazeux, dans le but de dévier les particules entraînées de leur direction primitive, est de réalisation relativement récente.

La purification électrique des gaz a reçu, de la part de Cottrel, Kennedy, de nombreuses applications dans des mines métallurgiques, fabriques d'acide sulfurique, de ciments, des États-Unis.

En France, MM. Lailler et Gallot ont apporté des perfectionnements à cette méthode leur permettant ainsi de réaliser le captage des fumées et poussières de toutes sortes.

Dans les travaux que nous poursuivons dans nos deux laboratoires de l'Institut d'hydrologie et de climatologie du Collège de France, sur la purification de l'atmosphère de certaines de nos stations climatiques plus ou moins profondément polluées par les fumées des usines établies pendant la guerre, nous avons été amenés à examiner des dispositifs permettant le captage électrique des fumées et des poussières.

Nos expériences primitives ont été faites en employant un tube en verre de 20^{cm} de diamètre et de 1^{m} de hauteur avec un fil axial porté à un potentiel négatif élevé à courant continu de 25 à 30000 volts.

Ce courant à haute tension a été obtenu en nous servant de notre dispositif spécial pour la production des courants de haute fréquence modifié pour l'obtention des rayons X (²).

Nos observations ont été complétées en utilisant un tube en cuivre de même diamètre et percé de trous à différentes hauteurs ; c'est dans ces conditions que nous avons pu établir la courbe de précipitation et déterminer le

(¹) Séance du 8 mars 1920.

(²) Voir d'Arsonval, *Société de Physique*, 1903.

chemin parcouru par les particules en faisant varier le nombre de particules par mètre cube, le voltage, la vitesse du courant d'air, etc.

Nous avons reconnu l'importance de la forme à donner au tube capteur et la nécessité d'avoir des électrodes positives formées de spires ou d'anneaux séparés afin de faire obstacle à l'ascension des particules.

Le captage de germes microbiens circulant dans l'atmosphère, que ces germes soient fixés ou non sur des poussières, ou entraînés sur de la vapeur d'eau à l'état globulaire, comme l'un de nous en a démontré la possibilité [1], peut être réalisé, puisque les particules solides employées dans nos expériences atteignaient à peine les dimensions de μ.

Les conditions expérimentales sont un peu plus délicates, il a fallu réaliser des conditions nous mettant à l'abri des causes d'erreurs dues aux germes et aux poussières étrangères à l'expérience.

Nous nous sommes servis, à cet effet, d'un tube métallique cylindrique de 1^{m} environ de longueur évasé aux deux extrémités de manière à faire cuvette. A l'aide d'un système très simple on fait arriver de l'eau à la partie supérieure afin de créer un léger ruissellement le long de la paroi interne du tube métallique.

Le fil axial du tube (en l'espèce une tige métallique mince à section triangulaire pour éviter les oscillations) est porté à une tension négative de 25 à 30000 volts, le tube en cuivre formant l'autre électrode étant au potentiel o.

A l'aide d'un ventilateur électrique on fait traverser le tube capteur par un courant d'air à la vitesse de 2^{m} à la seconde, ce qui correspond pour notre appareil à un débit heure de 127^{m^3} environ.

L'air a été pollué avec une poussière minérale homogène stérilisée et ensemencée avec une culture d'un microbe donnant des colonies colorées (*micrococcus prodigiosus*).

Les prises d'échantillons de l'air ont été réalisées en aspirant, à l'aide d'une trompe à eau, l'air sortant de l'appareil en le faisant passer par un tube en verre renfermant du coton stérilisé.

La numération et l'examen des colonies avant et après passage du courant électrique se faisant par les méthodes bien connues.

Nous avons constaté que dans ces conditions expérimentales, alors que le témoin accusait un nombre de 150 colonies par mètre cube en moyenne, l'air soumis à l'action d'un courant de 50000 volts était absolument stérile.

---

(1) Voir BORDAS, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1008.

Ces résultats n'étaient pas conformes à ceux que nous avions obtenus lorsqu'il s'agissait de la purification des particules solides. Les meilleurs rendements obtenus ne dépassant pas 95 à 97 pour 100. Nous avons donc été amenés à admettre que l'action de l'ozone devait intervenir dans la destruction des germes microbiens. Les dosages effectués nous ayant permis de reconnaître des quantités d'ozone d'environ 1^{mg} par mètre cube à la sortie de l'appareil, nos recherches ultérieures nous permettront de fixer définitivement le rôle de l'ozone dans cette purification électrique, ainsi que l'influence mécanique du ruissellement de l'eau sur la paroi du tube.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les courants gazeux dans l'intérieur du Soleil.* Note [1] de M. G. Gouy.

1. D'après l'opinion commune, ce sont les courants de convection qui transportent la chaleur de l'intérieur du Soleil à sa surface. Plusieurs savants ont soutenu l'opinion contraire, considérant de tels courants comme impossibles, soit à cause d'une certaine rigidité qui existerait dans le Soleil, soit à cause de la grande viscosité des gaz de la masse solaire. Je me propose de présenter, à ce sujet, quelques observations.

Je ne m'arrêterai pas à l'idée de la rigidité; elle est fondée sur ce fait que la masse solaire, étant soumise à une très forte attraction, ne peut plus subir que de très petites variations de forme ou de volume, lorsqu'on lui applique des forces d'intensité modérée. C'est bien, si l'on veut, une sorte de rigidité spéciale, mais qui n'a rien à voir avec des déplacements intérieurs sans changement de forme ni de volume. Un liquide ou un gaz, sous une pression quelconque, ne montrent jamais de vraie rigidité [2], mais seulement de la viscosité. Il est même difficile de comprendre que la rigidité soit compatible avec la mobilité des molécules ou des atomes, encore accrue sans doute par la température élevée; c'est, en somme, une supposition toute gratuite, et qui ne paraît pas vraisemblable.

2. Les autres adversaires des courants de convection pensent que, en raison de l'élévation de la température et de la pression, les gaz de l'intérieur du Soleil possèdent une forte viscosité, comparable à celle de la

(1) Séance du 8 mars 1920.

(2) La prétendue rigidité de certains liquides, tels que des solutions de gélatine, consiste en ce qu'on a affaire, en réalité, à des solides très fragiles, la gélatine ayant fait prise.

poix par exemple, et que, dans ces conditions, il ne peut pas exister de courants sensibles dans la masse solaire.

D'après la théorie cinétique et l'expérience (qui n'a pas été poussée, il est vrai, jusqu'aux températures solaires), le coefficient de viscosité croît à peu près comme la racine carrée de la température absolue. A 10^6, on aurait, pour l'air, la viscosité ordinaire de l'eau; à 10^9, la moitié de celle de l'acide sulfurique. On ne peut donc pas compter sur la température seule pour avoir une très forte viscosité.

Quant à la pression, on sait que la viscosité des gaz n'en dépend pas aux pressions modérées, mais rien n'empêche de supposer qu'elle peut devenir considérable aux énormes pressions, où les molécules et les atomes sont très rapprochés. On pourrait objecter que beaucoup de liquides n'ont que de faibles viscosités; mais, en somme, cette hypothèse ne doit pas être rejetée *a priori* comme inacceptable, dans l'ignorance où nous sommes des propriétés de la matière dans ces conditions. Seulement, ses partisans oublient de tenir compte d'un autre facteur qui agit en sens contraire, et qui n'a rien d'hypothétique, c'est l'énormité du Soleil par rapport aux objets de nos expériences.

3. Rappelons que les mouvements d'un fluide visqueux peuvent suivre deux régimes : le premier, lorsque le travail des forces agissantes est employé, presque en totalité, à surmonter la viscosité, et, pour une petite part seulement, à créer de la force vive dans le liquide; le second, lorsque cette condition n'est pas remplie. Le premier est régi par les équations de l'hydrodynamique; le second, dit *tourbillonnaire*, où se produisent des remous non calculables, est du domaine de l'hydraulique.

Dans les couches supérieures du Soleil, où les vitesses sont grandes et la viscosité médiocre, c'est le régime tourbillonnaire qui régne sans doute. A une profondeur plus grande, si la viscosité est considérable, le premier régime pourra exister.

Dans ce régime, il y a une loi de similitude qu'on peut formuler ainsi : Considérons, dans un milieu incompressible, homogène et en repos, deux régions semblables, où la densité est différente de celle du milieu ambiant, et a la même valeur aux points homologues, la pesanteur étant constante en grandeur et direction. Les mouvements qui s'établissent en un temps très court sont semblables, et les vitesses, en des points homologues, sont dans le rapport des carrés des dimensions, pourvu que la viscosité soit assez grande pour que, l'accélération étant négligeable, il y ait partout équilibre entre la pesanteur, la pression hydrostatique et le frottement.

Il en résulte qu'un milieu assez visqueux pour empêcher presque absolument les mouvements à petite échelle, tels que ceux que nous observons dans nos laboratoires, laissera se produire aisément les mouvements à grande échelle, qu'on doit envisager dans le Soleil.

4. Pour fixer les idées, considérons dans la masse solaire une sphère S ayant pour diamètre 14000^{km} et formant ainsi $\frac{1}{1000000}$ du volume total, un peu plus dense que le milieu ambiant; le tout est en repos à un certain instant. Si la sphère S se déplaçait en bloc, comme un solide (ce qui ralentirait sa descente), sa vitesse v serait donnée par la formule de Stokes

$$v = \frac{2}{9} R^2 (D - d) \frac{g}{\eta},$$

η étant le coefficient de viscosité, R le rayon de la sphère, D et d les densités de la sphère et du milieu ambiant. En faisant $v = 10$ cm : sec, $D - d = 0{,}001$ et $g = 2.10^4$, il vient

$$\eta = 2{,}2.10^{17},$$

nombre qui paraît énorme, si l'on se rappelle que la viscosité de la poix est 2.10^9.

On s'en rend mieux compte en considérant l'expérience suivante. Supposons qu'une balle de métal indéformable de 2^{cm} de diamètre, avec $D - d = 10$, soit incluse dans ce milieu. En faisant $g = 981$, la formule donne, pour la vitesse de descente, 10^{-14} cm : sec, c'est-à-dire que la balle emploierait 3 siècles à descendre de 1 micron (1).

On peut aussi envisager le fait suivant. Un fil d'un métal mou est fixé à sa partie supérieure; à son autre extrémité on applique un couple qui produit une torsion instantanée α, ne dépassant pas la limite d'élasticité, puis on laisse agir ce couple constant. La torsion augmente lentement, avec la vitesse angulaire ω. Si, pour ce mouvement lent, nous assimilons le fil à un cylindre liquide très visqueux dont les sections droites tournent en glissant les unes par rapport aux autres (2), nous trouvons la relation

$$\omega = \frac{\mu}{\eta} \alpha,$$

μ étant le coefficient de Coulomb.

---

(1) Avec la poix, la balle descendrait d'un peu moins de 1^{mm} par jour.

(2) Nous faisons ici un rapprochement, sans affirmer que l'assimilation soit bien correcte.

Pour le plomb, on a $\mu = 7.10^{10}$; par suite, avec la valeur de η que nous considérons, il vient

$$\omega = 3.10^{-7}\alpha.$$

Par exemple, si $\alpha = 40^\circ$, ω vaudra 1° par jour, ce qui est inférieur à ce qui se réalise en effet.

5. La vitesse de 10 cm : sec a été choisie de telle sorte qu'elle puisse suffire à l'entretien de la radiation solaire (1). En effet, la surface du Soleil émet par seconde 1500 cal-gr par centimètre carré. Considérons, à l'intérieur du Soleil, une sphère concentrique de surface moitié moindre; chaque centimètre carré laissera passer 3000 cal-gr environ par seconde. Admettons que la chaleur spécifique de l'unité de volume soit égale à 1 et que les courants ascendants et descendants aient une différence de température de 1000°; il en résulte que la valeur absolue moyenne de la composante verticale de la vitesse sera 6 cm : sec.

Il paraît donc que si la viscosité était de cet ordre de grandeur, elle permettrait encore le transport de la chaleur dans le Soleil par convection. Admettons que la viscosité soit 1000 fois plus faible, le résultat sera hors de doute. Il faudrait donc, pour empêcher ce transport, que la viscosité dépassât de loin toutes les valeurs mesurées, et même sans doute celles que donneraient plusieurs corps regardés comme des solides. Aucune base d'évaluation n'existe qui permette de supposer qu'il puisse en être ainsi, même aux pressions de l'intérieur du Soleil.

Une très forte viscosité aurait cependant un certain effet, sur l'état intérieur du Soleil. Elle arrêterait les mouvements à petite échelle, qui n'intéressent qu'un espace de quelques kilomètres ou de quelques dizaines de kilomètres (2). Par suite, les masses de températures différentes, dans les profondeurs du Soleil, resteraient longtemps sans se fusionner, cette égalisation ne pouvant se produire que par des mouvements à petite échelle. L'intérieur du Soleil serait ainsi formé d'une sorte de conglomérat de parties de densités différentes. Cela ressemblerait un peu à ce qu'on observe quand on mélange deux liquides visqueux, tels que deux sirops différents;

(1) Cette vitesse ne paraît pas trop grande pour le premier régime et la loi de Stokes, car, en régime tourbillonnaire, si le milieu était de l'eau, on aurait, d'après une formule d'hydraulique connue, une vitesse 300 fois plus grande.

(2) Pour cette raison, la différence de température de 1000° entre les courants ascendants et descendants, que nous avons admise, n'est peut-être pas exagérée.

en agitant le mélange, on réalise un état dans lequel des stries persistantes mettent en évidence un défaut d'homogénéité, qui ne disparaît qu'à la longue. On ne voit pas bien, du reste, ce qui pourrait en résulter pour l'économie générale du Soleil.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Reproduction expérimentale de trachome (conjonctivite granuleuse) chez le lapin.* Note (¹) de MM. **Ch. Nicolle, A. Cuénod** et **G. Blanc.**

Des expériences antérieures nous ont montré la sensibilité du chimpanzé et celle du magot (*macacus innuus*) au virus trachomateux. Les lésions obtenues sur les autres macaques sont trop peu caractéristiques pour justifier l'emploi de ces singes dans les recherches expérimentales.

Nos résultats, confirmant ceux des auteurs, avaient été jusqu'à présent négatifs sur les autres espèces animales. Cependant, chez le lapin, nous avions noté une réaction congestive secondaire à l'inoculation, d'apparence banale, mais de durée prolongée.

Reprenant récemment ces essais, dans le but de reconnaître si cette faible lésion n'était pas inoculable au magot sous forme de maladie plus typique, nous nous sommes aperçus que nos lapins offraient vis-à-vis des virus trachomateux particulièrement favorables, que nous utilisions, une sensibilité aussi manifeste que celle du magot lui-même.

Ces résultats ont été obtenus avec deux virus différents et nous avons réalisé avec ces deux virus deux passages positifs de lapin à lapin. Le virus d'un lapin de deuxième passage a infecté le magot.

Nous résumerons brièvement ces deux séries d'expériences :

Première série. — Avec le produit de curettage d'un beau cas, non traité, chez un indigène adulte, nous inoculons le lapin 53 par scarifications des conjonctives de l'œil droit et injection à la seringue de celles de l'œil gauche.

Lapin 53. — Au 11ᵉ jour, réaction conjonctivale, quelques petites granulations. Au 18ᵉ jour, éruption granuleuse sur les conjonctives des quatre paupières. Les lésions de la conjonctive palpébrale droite empiètent sur la partie supérieure du limbe cornéen. Le lendemain, curettage des lésions de l'œil droit pour passage au lapin 59.

Le 32ᵉ jour, même état. Au 46ᵉ, les lésions régressent surtout à l'œil gauche non curetté; le 60ᵉ, la régression est plus marquée encore, mais la congestion du limbe cornéen persiste.

(¹) Séance du 1ᵉʳ mars 1920.

Lapin 59 (2e passage). — Inoculé avec le virus du 53 et à la seringue aux quatre conjonctives palpébrales. Le 13e jour, éruption généralisée; le lendemain, curettage des quatre conjonctives pour passage à un magot. Aux 27e et 41e jours, persistance des lésions granuleuses.

Un magot est inoculé le 14 janvier avec le virus du lapin 59 par scarifications à l'œil gauche et avec la seringue au droit. Le 13e jour, larmoiement, lésions typiques ayant leur maximum au même point d'élection que chez l'homme (à la limite supérieure du cartilage tarse de la paupière supérieure); au 27e jour, les lésions sont encore plus étendues.

Deuxième série. — Avec le virus d'une fillette arabe, atteinte gravement et non traitée, le 13 janvier inoculation des lapins 71 et 73 d'un côté par scarifications, de l'autre à la seringue.

Lapin 71. — Au 14e jour, éruption granuleuse générale; le 28e, régression, sauf à la paupière supérieure droite.

Lapin 73. — Au 14e jour, lésions plus fortes que chez le 71; le lendemain curettage pour passage aux lapins 85 et 87; au 28e jour, lésions typiques.

Lapin 85 (2e passage). — Inoculé le 28 janvier avec le virus du 73 et de la même manière. Au 13e jour, éruption granuleuse des quatre conjonctives palpébrales.

Lapin 87. — Inoculé de même. Résultats plus nets encore. Curettage des lésions pour un troisième passage à deux lapins.

Conclusions. — 1° Le lapin est sensible au virus trachomateux.

2° L'incubation du trachome est chez lui de 11 à 13 jours; l'éruption se généralise de suite sous forme de granulations disposées souvent en placards. Ces granulations persistent au moins 60 jours; elles tendent alors à la guérison. Le curettage précoce des lésions ne paraît pas hâter cette guérison naturelle.

3° Deux passages par lapins ont été réalisés avec deux virus différents. Le virus d'un de ces lapins de 2e passage a infecté un magot de façon typique. La maladie reproduite chez le lapin est donc bien le trachome. L'incubation a été particulièrement courte chez le magot inoculé avec le virus du lapin.

4° La sensibilité du lapin au virus trachomateux est de nature à rendre l'étude expérimentale de la conjonctivite granuleuse plus aisée. Il faudra sans doute, pour y bien réussir, s'adresser à des virus particulièrement actifs (cas non traités).

M. Laveran présente le Tome douzième du *Bulletin de la Société de Pathologie exotique* relatif à l'année 1919.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section d'Économie rurale, en remplacement de M. *Th. Schlœsing*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 56,

M. Gabriel Bertrand	obtient . . .	27 suffrages
M. Léon Lindet	» . . .	22 »
M. Gustave André	» . . .	6 »
M. Maximilien Ringelmann	» . . .	1 suffrage

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 57,

M. Gabriel Bertrand	obtient.	28 suffrages
M. Léon Lindet	»	28 »
M. Gustave André	»	1 suffrage

Au troisième tour de scrutin, le nombre de votants étant 57,

M. Léon Lindet	obtient.	29 suffrages
M. Gabriel Bertrand	»	28 »

M. **Léon Lindet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Liapounoff*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 48,

Sir **Joseph Larmor**, ayant réuni l'unanimité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

Sir **James Dewar**, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, et M. **Camille Viguier**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adressent des remercîments à l'Académie.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces applicables.* Note (1) de M. **Bertrand Gambier**.

1. J'ai indiqué aux *Comptes rendus* (t. 168, 1919, p. 674) des surfaces S et S_1 réelles, applicables l'une sur l'autre, mais telles que tout point réel de l'une ait pour homologue un point imaginaire de l'autre.

On obtient aisément tous les couples de surfaces de révolution possédant cette propriété; je les définis en coordonnées semi-polaires, r, θ, z pour S et r_1, θ_1, z_1 pour S_1. On aura, b désignant une constante réelle,

$$(S) \qquad z = \int \sqrt{F(r^2)}\, dr,$$

$$(S_1) \qquad z_1 = \int \sqrt{-1 - b^2 - F(-r'^2)}\, dr', \qquad r_1 + br',$$

la fonction $F(t)$ devant simplement être définie et positive pour un certain intervalle de variation positive de t et la fonction $F(t) + b^2 + 1$ étant définie et négative pour un certain intervalle de variation négative de t. L'application de S sur S_1 s'obtient en écrivant

$$(1) \qquad r_1 = ibr, \qquad \theta = ib\theta_1.$$

On retrouve l'exemple du paraboloïde de révolution en prenant

$$F(t) = \frac{t}{p^2}.$$

On obtient un autre exemple intéressant en écrivant

$$(2) \quad \begin{cases} r = t^3 + 3mt^5, & r_1 = \mu(t^3 + 3mt^5), \\ z = (1 - t^2)^{\frac{3}{2}}(1 + 2m + 3mt^2), & z_1 = (1 - \mu^2 t^2)^{\frac{3}{2}}\left(\dfrac{1}{\mu^2} + \dfrac{2m}{\mu^4} + \dfrac{3m}{\mu^2} t^2\right). \end{cases}$$

(1) Séance du 8 mars 1920.

m désigne une constante réelle; pour chaque valeur réelle de μ, S_1 est réelle et peut s'appliquer physiquement sur la totalité ou une fraction de S, les parallèles correspondants étant donnés par la même valeur de t. Pour une valeur imaginaire pure de μ, S_1 est encore réelle, comme on le voit en donnant à t une valeur imaginaire pure et l'on retrouve une correspondance de point imaginaire à point réel.

2. J'ai obtenu des exemples analogues avec des surfaces non susceptibles de s'appliquer sur une surface de révolution, par exemple :

$$(3)\quad \begin{cases} x = t^3 + 3mt^5 + t_1^3 + 3m_1 t_1^5, & x_1 = \mu(t^3 + 3mt^5) + \dfrac{1}{\mu}(t_1^3 + 3m_1 t_1^5), \\ y = (1 - t^2)^{\frac{3}{2}}(1 + 2m + 3mt^2), & y_1 = (1 - \mu^2 t^2)^{\frac{3}{2}}\left(\dfrac{1}{\mu^2} + \dfrac{2m}{\mu^4} + \dfrac{3m}{\mu^2} t^2\right), \\ z = (1 - t_1^2)^{\frac{3}{2}}(1 + 2m_1 + 3m_1 t_1^2), & z_1 = \left(1 - \dfrac{t_1^2}{\mu^2}\right)^{\frac{3}{2}}(\mu^2 + 2m_1\mu^4 + 3m_1\mu^2 t_1^2); \end{cases}$$

$$(4)\quad \begin{aligned} ds^2 = {} & 9t^2(1 + 5mt^2)^2 dt^2 + 9t_1^2(1 + 5m_1 t_1^2)^2 dt_1^2 \\ & + 18t^2 t_1^2(1 + 5mt^2)(1 + 5m_1 t_1^2)\, dt\, dt_1. \end{aligned}$$

m et m_1 sont deux constantes réelles fixes; en donnant à μ soit une valeur réelle, soit une valeur imaginaire pure, on retrouve exactement les mêmes circonstances de réalité et application que dans l'exemple précédent.

3. Ces exemples, et bien d'autres que l'on peut donner explicitement en nombre illimité, soulèvent des problèmes intéressants dont j'ai abordé une partie dans un Mémoire inséré au *Bulletin des Sciences mathématiques*.

J'ai montré que si S et S_1 sont réelles et s'appliquent l'une sur l'autre, point réel sur point imaginaire, S et S_1 admettent chacune une auto-application; si S et S_1 sont réelles et si S s'applique *physiquement* sur une fraction de S_1, et non la totalité de S_1, S est nécessairement auto-applicable et possède une ligne de rebroussement C dont chaque point reste invariant dans cette auto-application, les deux nappes de S qui viennent se raccorder le long de C s'échangeant l'une en l'autre; dans le transport de S sur S_1, C s'applique sur une certaine ligne C_1 de S_1, qui ne présente aucune particularité sur S_1 prise isolément; cette ligne C_1 partage S_1 en deux régions dont l'une est recouverte physiquement en double par S et dont l'autre n'est pas recouverte. Dans l'exemple des formules (3), l'auto-application de S ou S_1 prévue par cette théorie est une symétrie par rapport au plan yOz : changement de signe simultané de t et t_1.

Les auto-applications d'une surface peuvent tenir à deux circonstances : ou bien le $ds^2 = E\,du^2 + 2F\,du\,dv + G\,dv^2$ conserve la même forme par une substitution $u = f(u_1, v_1)$, $v = (u_1, v_1)$, et la théorie déjà acquise des surfaces applicables nous permet de trouver toutes ces substitutions quand le ds^2 est donné; ou bien les coordonnées x, y, z sont des fonctions multiformes de u, v; pour chaque système (u, v), les divers systèmes (x, y, z) donnent diverses régions de S applicables les unes sur les autres. Or cette circonstance n'est pas mise en évidence par le seul ds^2. Dans l'exemple (3) les symétries xOz et xOy tiennent à cette circonstance. D'autre part, un nouveau choix de paramètres peut évidemment changer le caractère d'une telle circonstance. Dans l'exemple (3), si je prends comme nouveaux paramètres $T = t^2$ et $T_1 = \frac{t_1}{t}$, un calcul, très simple si l'on remarque que $t_1 = t_1\,T_1$ et $tt_1 = T\,T_1$, montre que l'on a

$$ds^2 = A\,dT^2 + 2B\,dT\,dT_1 + C\,dT_1^2,$$

où A, B, C sont des polynomes entiers en T et T_1; la symétrie yOz, qui tenait avec les variables t et t_1 à une transformation intrinsèque du ds^2, tient avec T et T_1 à ce que la coordonnée x elle-même est devenue fonction non uniforme de T et T_1.

On déduit aisément de ce qui précède que, si S et S_1 sont applicables l'une sur l'autre, point réel sur point imaginaire, et si S n'admet pas de ligne réelle de rebroussement, toute surface réelle Σ ayant même ds^2 est nécessairement auto-applicable; Σ pourra être physiquement applicable sur l'une des surfaces S, S_1 à l'exclusion de l'autre ou bien pourra n'être physiquement applicable sur aucune.

Une autre circonstance peut se présenter : Σ pourra n'avoir aucune autre auto-application, une région σ de Σ étant recouverte en double par S, une région σ_1 de Σ, n'ayant aucune partie réelle commune avec σ, étant recouverte deux fois par S_1.

Ces exemples montrent bien les précautions à prendre avant d'affirmer que deux surfaces de même ds^2 se recouvrent physiquement. Je dois signaler que le géomètre russe Peterson avait déjà signalé les surfaces réelles applicables point réel sur point imaginaire dans toute leur étendue, mais en se bornant au cas où l'une d'elles est réductible par déformation continue à une surface du second degré (Voir *Annales de Toulouse*, 1903).

GÉOMÉTRIE. — *Sur le groupe des transformations planes dans lesquelles toute ligne droite reste droite.* Note (¹) de M. **Charles Rabut**.

Comme on peut prendre pour coordonnées d'une droite sa pente

$$\xi = y',$$

et son ordonnée à l'origine

$$\eta = xy' - y,$$

le groupe est défini implicitement par les équations

$$(1)\qquad \begin{cases} Y' = F\,(y',\, xy' - y,\, y'',\, y''',\, \ldots), \\ XY' - Y = F_1(y',\, xy' - y,\, y'',\, y''',\, \ldots), \end{cases}$$

où les fonctions F, F_1 sont arbitraires.

Je vais établir les équations explicites, les propriétés principales et les expressions des invariants différentiels de ce groupe qui se présente dans le problème de la réduction des transformations de contact et que, pour abréger, j'appellerai *orthique*.

Dérivant les équations (1), on a

$$(2)\qquad \begin{cases} Y''\,dX = dF\ = p\ d\xi + q\ d\eta = (p\ + qx\ )y''\,dx, \\ XY''\,dX = dF_1 = p_1\,d\xi + q_1\,d\eta = (p_1 + q_1 x)y''\,dx, \end{cases}$$

p, q, p_1, q_1 étant des fonctions de ξ, η, d'où

$$(3)\qquad \begin{cases} X = \dfrac{p_1 + q_1 x}{p + qx}, \\ Y = \dfrac{p_1 + q_1 x}{p + qx} F - F_1. \end{cases}$$

Équations explicites du groupe en coordonnées cartésiennes. — X, Y, Y′ étant ainsi fonctions de x, y, y', on voit que toutes *les transformations orthiques conservent le contact.* Cela ressort d'ailleurs de l'interprétation directe des équations (1), car elles signifient littéralement qu'*une orthique résulte d'une ponctuelle* (que j'appellerai *adjointe*) *précédée et suivie d'une même polarité réciproque;* or ces trois composantes conservent le contact. Les équations signifient aussi que *toute orthique est l'image d'une ponctuelle dans une corrélation.*

(¹) Séance du 8 mars 1920.

Maintenant, dérivant les équations (3), on a

$$(4)\qquad \begin{cases} dX = \dfrac{\Delta + Py''}{(p+qx)^2}\,dx, \\ dY = \dfrac{\Delta + Py''}{(p+qx)^2}\,F\,dx, \end{cases}$$

Δ étant le déterminant fonctionnel $pq_1 - p_1 q$ de l'adjointe, P un polynome du troisième degré en x dont les coefficients sont, comme Δ, fonctions de ξ et η.

Le rapport d'altération ou échelle, $\frac{dS}{ds}$, d'un élément linéaire infinitésimal dépend donc, en général, de sa courbure; mais *si l'on n'envisage que des éléments rectilignes, la transformation est représentée au second ordre près, au voisinage d'une droite, ox, OX, par les équations*

$$(5)\qquad \begin{cases} X = \dfrac{p_1 + q_1 x}{p + qx}, \\ dY = \dfrac{\Delta}{p + qx}\,dy, \end{cases}$$

qui sont celles d'une homographie à cinq paramètres (un pôle à l'infini) qu'on peut appeler *tangente* à l'orthique tout le long de cette droite, propriété analogue à celle du plan tangent à une surface développable. *Une transformation orthique équivaut donc à un ensemble d'homographies rectilignes opérées sur toutes les droites du plan* et l'on peut voir que *les droites dont les homographies propres font partie d'une même homographie plane sont en nombre discret.*

Les équations (4) et (5) montrent enfin que *les rapports*

$$\frac{dx}{dX},\quad \frac{dy}{dY}\qquad \text{et}\qquad \frac{d\omega}{d\Omega} = \frac{\partial x}{\partial X}\,\frac{\partial y}{\partial Y},$$

dont le dernier est l'échelle des aires (rapport d'un élément superficiel à son transformé), sont respectivement proportionnelles aux puissances 1, 2, 3 *de la distance à un point fixe de la droite ox, point dont le transformé est à l'infini.*

S'il s'agit d'éléments non rectilignes, la relation

$$Y'' = \frac{(p+qx)^3\,y''}{\Delta + Py''},$$

déduite de (2) et (4), exprime le théorème suivant ; *Si, tangentiellement à une droite fixe Ox, on trace une ligne arbitraire, les centres de courbure de*

cette ligne et de sa transformée sont liés par une transformation crémonienne du troisième ordre à neuf paramètres : pour une même position du point de contact, le rayon de courbure de la transformée est fonction linéaire du rayon primitif.

Il résulte des équations (1) qu'*on obtient les invariants du groupe orthique et leurs sièges en opérant sur les invariants ponctuels et leurs sièges une transformation polaire réciproque.*

En partant de l'invariant ponctuel du premier ordre

$$\mathrm{U}=\frac{(y'_1-y'_2)(y'_3-y'_4)}{(y'_1-y'_3)(y'_2-y'_4)},$$

invariant projectif d'un faisceau de quatre branches infinitésimales non tangentes, on trouve l'invariant orthique

$$\mathfrak{V}=\frac{(x_1-x_2)(x_3-x_4)}{(x_1-x_3)(x_2-x_4)},$$

invariant projectif de quatre points alignés.

En opérant sur l'invariant ponctuel fondamental du second ordre

$$\mathrm{V}=\frac{\eta''_1-\eta''_2}{\eta''_1-\eta''_3},$$

rapport des différences de *courbure* de trois éléments ayant ensemble un contact du premier ordre, on obtient l'*invariant fondamental du second ordre de notre groupe*

$$\mathfrak{V}=\left(\frac{1}{y''_1}-\frac{1}{y''_2}\right):\left(\frac{1}{y''_1}-\frac{1}{y''_3}\right),$$

rapport des différences entre les RAYONS DE COURBURE *de trois éléments ayant ensemble un contact du premier ordre.*

Enfin, en partant de l'invariant ponctuel du second ordre

$$\mathrm{R}=\frac{\eta''_1-\eta''_2}{\eta''_3-\eta''_4}\left(\frac{\eta'_3-\eta'_5}{\eta'_1-\eta'_5}\right)^3,$$

on obtient l'invariant orthique

$$\mathfrak{R}=\left(\frac{1}{y''_1}-\frac{1}{y''_2}\right):\left(\frac{1}{y''_3}-\frac{1}{y'_4}\right)\frac{x_3-x_5}{x_1-x_5}=\frac{r_1-r_2}{r_3-r_4}\left(\frac{t_3^3}{t_1}\right)^3$$

(*r_1, r_2 rayons de courbure de deux éléments touchant une droite en un même point; r_3, r_4 rayons de courbure de deux éléments touchant la même droite en un autre point; t_1, t_3 distances d'un point marqué sur cette droite aux deux points de contact*).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les corps abéliens de degré premier.* Note de M. A. **Châtelet**.

Dans une Note, déjà ancienne (¹), j'avais résumé quelques résultats sur les corps abéliens du troisième degré. En essayant de les généraliser j'ai été naturellement amené à reprendre les raisonnements de MM. Weber et Hilbert sur les corps abéliens et les lois de réciprocité. Ces raisonnements se bornent, m'a-t-il semblé, à obtenir des propriétés générales des corps, et n'entrent pas dans le détail de la réalisation de ces corps eux-mêmes et de leur interprétation en langage arithmétique ordinaire. Sans les modifier essentiellement je crois avoir pu les conduire un peu plus loin, et notamment en tirer une conséquence dont l'énoncé est, pour ainsi dire, indépendant de la théorie des corps de nombres. Dans cette Note, je me contente d'indiquer les résultats; la méthode n'est pas, comme je l'ai dit, différente de celle de MM. Hilbert et Weber, filiale, en somme, d'une méthode déjà suivie par Gauss pour la loi de réciprocité quadratique.

I. Tout corps abélien de degré premier impair n a nécessairement un discriminant de la forme $(P)^{n-1}$ ou $(n^2.P)^{n-1}$ [P, produit de nombres premiers différents et congrus à 1 (mod n)].

A chaque nombre α d'un corps abélien, on peut faire correspondre $n-1$ « résolvantes de Lagrange » :

$$R_i = \Sigma \varepsilon^{ix} \alpha_x \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-1),$$

α_x est le nombre conjugué de α, qu'on déduit de $\alpha_0 = \alpha$ par la substitution qui fait passer de α_0 à α_1, répétée x fois; ε est une racine $n^{\text{ième}}$ de l'unité; x est un entier, défini au module n près et la somme Σ est étendue à n valeurs incongrues de x. En prenant pour α un *entier* convenable du corps abélien considéré, les R_i sont les racines $n^{\text{ièmes}}$ des $n-1$ nombres $\varpi_1, \ldots, \varpi_{n-1}$, conjugués d'un certain entier $\varepsilon^f.\varpi$ du corps des racines $n^{\text{ièmes}}$ de l'unité; ϖ est défini au produit près par une *unité réelle*, il a pour norme p^n et est congru à 1 (mod n); f peut prendre toutes les valeurs 0, 1, ..., $n-1$ et ces valeurs correspondent à des corps différents, ϖ étant fixé. (On peut naturellement remplacer ϖ par un de ses conjugués, mais alors ε doit être remplacé par le conjugué correspondant, de sorte que c'est l'association $(\varepsilon^f.\varpi)$ qui caractérise le corps.) Enfin les R_i, irrationnels dans le corps des racines

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1290.

$n^{\text{ièmes}}$ de l'unité, sont rationnels : dans le corps des racines $P^{\text{ièmes}}$, si f est nul, et alors le discriminant est $(P)^{n-1}$; dans le corps des racines $(n^2.P)^{\text{ièmes}}$, si f est différent de o, et alors le discriminant est $(n^2.P)^{n-1}$ [1].

2. Je précise le nombre et la constitution des différents corps abéliens ainsi obtenus, suivant les valeurs de P :

A $P=I$ ne correspond qu'un seul corps abélien de discriminant $(n^2)^{n-1}$, obtenu en prenant dans le corps des racines $(n^2)^{\text{ièmes}}$ de l'unité les « périodes à $(n-1)$ termes de Gauss ».

A P, produit de h facteurs premiers distincts, congrus à 1 (mod n), correspondent $n.(n-1)^{h-1}$ corps abéliens distincts [2]. Pour $(n-1)^{h-1}$ d'entre eux, qu'on peut appeler de « première espèce », le discriminant est $(P)^{n-1}$, il y a dans chacun d'eux une *base normale* des entiers, c'est-à-dire constituée par les n conjugués d'un même entier [3]. Pour les $(n-1)^h$ autres corps, qu'on peut appeler de « deuxième espèce », le discriminant est $(n^2.P)^{n-1}$, il n'y a plus de base normale, mais on peut obtenir une base en adjoignant 1 à n entiers conjugués convenablement choisis, de somme nulle (donc non indépendants). Ces différents corps s'obtiennent en prenant pour ϖ, correspondant à P, les $(n-1)^{h-1}$ produits des conjugués des ϖ correspondant respectivement aux h diviseurs premiers de P.

3. Dans un corps abélien de degré premier n, il n'y a que des idéaux de degré 1 ou n, c'est dire encore que tout nombre premier q, ou bien est indécomposable, ou bien se décompose en un produit de n idéaux premiers, conjugués, distincts. Pour que ce second cas se réalise, il faut et il suffit que l'entier $\varepsilon^f.\varpi$ soit congru à une puissance $n^{\text{ième}}$, suivant le module q, dans le corps des racines $n^{\text{ièmes}}$ de l'unité (c'est ce qui avait été indiqué pour $n=3$, dans la Note citée). L'application du théorème de réciprocité d'Eisen-

---

[1] Ces propriétés des résolvantes de Lagrange, mais non celles du discriminant, se trouvent dans l'*Algèbre supérieure* de Weber (t. 2). L'auteur a surtout en vue la propriété célèbre de Kronecker, que tout corps abélien est inclus dans un corps de racines de l'unité, par suite il ne cherche pas à préciser les valeurs qu'on peut donner à ϖ les divers corps obtenus.

[2] C'est par erreur que, dans la Note déjà citée, il avait été seulement indiqué « trois » corps abéliens de degré 3, correspondant à chaque entier rationnel N; il existe en réalité 3.2^{h-1} corps (h nombre de facteurs premiers distincts de N).

[3] Cette existence d'une base normale a été établie, d'une façon générale, par M. Hilbert, pour tout corps abélien de degré n, à discriminant premier avec n (Mémoire *Sur les corps de nombres algébriques*, publié par la Société mathématique allemande, 1897. Traduction française de MM. Lévy et Got, 1913).

stein (pris par exemple sous la forme d'Hilbert) permet de donner à cette condition une forme en quelque sorte réciproque (q solution d'une congruence donnée):

Dans le cas d'un corps de première espèce, correspondant à un nombre P *premier* ($h = 1$), pour que le nombre premier q soit décomposable, il faut et il suffit que q soit congru à une $n^{\text{ième}}$ puissance, suivant le module P.

Dans le cas général, on a des congruences plus compliquées, mais ayant encore pour module D, racine $(n-1)^{\text{ième}}$ du discriminant (P ou n^2.P), de sorte que :

Si le nombre premier q est décomposable dans le corps abélien de degré premier n, de discriminant D^{n-1}, *tout nombre premier congru à q suivant le module* D *est encore décomposable.* Mais si q est décomposable, en appelant $f(x)$ le polynome fondamental d'un entier du corps, la congruence

$$f(x) \equiv 0 \pmod q$$

a des solutions (en nombre n), et la réciproque est exacte, exception faite d'un certain nombre de valeurs finies de q (¹). On obtient ainsi l'énoncé arithmétique :

Si $f(x)$ désigne le premier membre d'une équation abélienne, à coefficients entiers de degré premier n, le coefficient de x^n étant 1, *les facteurs premiers des nombres $f(1)$, $f(2)$, ..., valeurs numériques de $f(x)$ pour x entier, sont, à des exceptions isolées près, tous les nombres premiers d'une ou plusieurs progressions arithmétiques de même raison* [racine $(n-1)^{\text{ième}}$ du discriminant du corps abélien défini par les racines de $f(x) = 0$].

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement variable d'un fluide indéfini avec sillage, en présence d'un corps solide.* Note de M. **Henri Villat.**

Jusqu'ici le problème du mouvement d'un fluide avec sillage en présence d'un solide n'a pu être abordé que dans le cas des configurations permanentes, où le sillage reste indéformable et lié au solide. On sait qu'en réalité, sur les bords du sillage naturel, il se produit un détachement pério-

---

(¹) Ces valeurs sont telles que la congruence n'a pas de solutions « régulières », d'après une locution que j'ai utilisée dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 250).

dique et alternatif de tourbillons : cela résulte, notamment, des belles recherches de M. H. Bénard ([1]).

Il se trouve précisément que l'introduction de ces tourbillons dans le calcul permet de résoudre le problème d'Hydrodynamique, en fournissant une solution variable avec le temps, ce qui rapproche le point de vue mathématique du point de vue physique.

Envisageons ici le problème type d'une plaque de largeur 2 normale au courant, et placée sur l'axe Oy d'un plan $z = x + iy$, son milieu étant à l'origine. Il est facile de voir que la relation

$$\varphi_1 + i\psi_1 = P\sqrt{1+z^2} + \frac{Q}{2i\pi}\log\frac{\sqrt{1+z^2}-Z_0}{\sqrt{1+z^2}-Z'_0},$$

où P et Q sont deux constantes réelles, et Z_0, Z'_0 deux imaginaires conjuguées, définit le potentiel et la fonction de courant d'un mouvement tourbillonnaire occupant le demi-plan supérieur du plan z muni de la lame. En général, le mouvement correspondant n'est pas acceptable physiquement, mais il le devient si l'on s'impose la condition

$$P + \frac{QY_0}{\pi(X_0^2+Y_0^2)} = 0 \qquad (Z_0 = X_0 + iY_0).$$

Superposons à ce mouvement le mouvement discontinu classique, que l'on peut représenter par l'équation

$$(1) \qquad \frac{dz}{df} = \frac{1}{R}\,\frac{i\sqrt{k}+\sqrt{f-k}}{\sqrt{f}} \qquad \left(k = \frac{2R}{4+\pi}\right).$$

Le mouvement total ainsi obtenu donne une image assez exacte du cas symétrique par rapport à Ox, avec deux tourbillons d'intensités $\pm Q$. La vitesse à l'infini est $P + R (= 1$ si l'on veut).

La position de la ligne de discontinuité λ va se modifier nécessairement pendant le mouvement; si φ et φ_1 sont les potentiels qui conviennent (sauf en z_0) aux mouvements discontinu et tourbillonnaire respectivement, comme la pression doit se conserver quand on traverse λ, on en conclut le long de cette ligne :

$$\frac{R^2}{2} + \frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial\varphi_1}{\partial x} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{\partial\varphi_1}{\partial y} = -\frac{\partial\varphi}{\partial t}.$$

De là on tirera la valeur de φ sur λ au bout du temps δt. Si Φ et Ψ désignent les fonctions qui doivent remplacer φ et ψ, on aura, f étant lié

([1]) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 839, 970; t. 156, 1913, p. 1003, 1025.

à z par (1),

$$\Phi + i\Psi = \varphi + i\psi + \delta t \frac{1-\zeta^2}{\pi} \int_0^{\pi} \Phi_\varepsilon \frac{d\varepsilon}{1 - 2\zeta\cos\varepsilon + \zeta^2} \qquad \left(f = \frac{4k\zeta}{(1+\zeta)^2}\right),$$

Φ_ε désignant la valeur prise par la fonction $\frac{\partial\varphi}{\partial t}$ au point qui correspond à

$$f = \frac{k}{\cos^2\frac{\varepsilon}{2}}.$$

Le potentiel φ_1 sera, d'autre part, également variable ; le tourbillon $z_0 (= \sqrt{z_0^2 - 1})$ sera entraîné, et par sa propre vitesse provenant (après transformations) du potentiel φ_1, et par la vitesse du potentiel φ. En supposant que le tourbillon z_0 soit initialement placé dans le sillage, sa vitesse $u_0 v_0$ sera donnée par

$$u_0 - iv_0 = \frac{Q'}{2\pi}\left[\frac{i}{\pi z_0(1+z_0^2)} + \frac{X_0^2 - 3Y_0^2}{2Y_0(X_0^2+Y_0^2)}\frac{z_0}{Z_0}\right].$$

Le déplacement du tourbillon devra être tel que la vitesse du fluide aux bords de la lame reste finie, cela entraîne que le tourbillon z_0 soit placé sur une courbe qui correspond, dans le plan $Z (= \sqrt{1+z^2})$, à une certaine courbe algébrique du dixième degré.

Pour passer de l'instant $t + \delta t$ à l'instant immédiatement consécutif, on peut employer des considérations analogues; mais il faut d'abord faire correspondre au demi-plan f l'aire délimitée par l'axe des x, la lame et la ligne λ' (nouvelle position de λ). Les belles méthodes de M. Hadamard concernant la modification de la fonction de Green pour une modification très petite du champ trouvent ici leur application. On peut aussi opérer directement; tout se ramène, après construction d'une fonction simple $g(\theta)$, au calcul de l'expression

$$\int_0^{2\pi} g(\theta)\frac{1+re^{i(\mu-\theta)}}{1-re^{i(\mu-\theta)}}\left(\int_0^{2\pi}\frac{g'(\lambda)-g'(\theta)}{1-re^{i(\theta-\lambda)}}\,d\lambda\right)d\theta.$$

Il est important de connaître à chaque instant la pression totale exercée sur la lame. On trouvera ailleurs le calcul et la discussion correspondants.

On peut introduire plus d'un tourbillon sur le demi-plan z. Les calculs, que je ne puis reproduire ici, sont particulièrement intéressants, en faisant intervenir soit deux tourbillons *non symétriques*, soit toute une série de tels tourbillons; on se rapproche ainsi beaucoup des configurations notées par M. Bénard. Signalons aussi le cas d'un seul tourbillon dans tout le plan z, sans symétrie dans le mouvement total.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un problème d'hydrodynamique admettant une infinité de solutions.* Note de M. **René Thiry.**

Dans un Mémoire paru aux *Annales de l'École Normale* (t. 31, 1914, p. 455), M. H. Villat a mis en évidence l'existence d'au moins deux solutions répondant au problème plan d'un courant, uniforme à l'infini, rencontrant un obstacle formé de deux lames planes réunies en un angle tournant sa concavité vers le courant. On peut généraliser ce résultat et montrer qu'il existe toute une série de solutions possibles formant une suite continue entre les deux cas extrêmes signalés par M. H. Villat. En utilisant la méthode classique de la représentation conforme, et en introduisant des fonctions elliptiques de périodes $2\omega_1$ et $2\omega_3$, M. H. Villat a construit une solution du problème considéré complètement différente de celle de M. Levi-Civitá et présentant la particularité d'avoir une plage de fluide mort à l'avant, dans le creux des deux lames. La validité de la solution est assurée en particulier lorsqu'on suppose entre les constantes du problème l'égalité suivante :

$$-\frac{2\omega_1}{\pi}\zeta_1\frac{\omega_1}{\pi}s_0+\frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0-\frac{a}{\pi}=0,$$

s_0 étant un nombre compris entre o et π et a une quantité positive.

Il est possible de montrer que la solution construite reste valable en supposant seulement l'inégalité

$$-\frac{2\omega_1}{\pi}\zeta_1\frac{\omega_1}{\pi}s_0+\frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0-\frac{a}{\pi}\leqq 0.$$

En effet, dans la discussion de la valeur de la vitesse (qui doit rester partout inférieure à l'unité), on est amené à reconnaître (cf. H. Villat, *loc. cit.*, p. 477) si la fonction

$$F_1(s)=\log\frac{\sigma\frac{\omega_1}{\pi}(s-s_0)}{\sigma\frac{\omega_1}{\pi}(s+s_0)}+\left(2\frac{\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0-\frac{a}{\pi}\right)s$$

prend dans tout l'intervalle $s_0<s<\pi$ des valeurs négatives.

Cette fonction, continue dans l'intervalle, part de $-\infty$ pour $s=s_0+\varepsilon$ et atteint pour $s=\pi$ le point A d'ordonnée $-a$. Elle passe entre temps par un maximum et tourne toujours sa concavité vers le bas.

Or la tangente au point A a pour coefficient angulaire

$$F'_1(\pi) = -\frac{2\omega_1}{\pi}\zeta_1\frac{\omega_1}{\pi}s_0 + \frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0 - \frac{a}{\pi},$$

ce qui peut encore s'écrire

$$F'(\pi) = -\frac{1}{\pi}\frac{\mathfrak{I}'_2\left(\frac{s_0}{2\pi}\right)}{\mathfrak{I}_2\left(\frac{s_0}{2\pi}\right)} - \frac{a}{\pi}.$$

Or $\frac{\mathfrak{I}'_2\left(\frac{s_0}{2\pi}\right)}{\mathfrak{I}_2\left(\frac{s_0}{2\pi}\right)}$ est évidemment une quantité négative et l'on a

$$F'_1(\pi) > -\frac{a}{\pi};$$

autrement dit, la courbe reste toujours au-dessous de la droite joignant l'origine au point A et, par suite, ne peut jamais atteindre l'axe des s. D'où l'on déduit la validité de la solution.

On peut retrouver ce résultat en se servant de la représentation conforme du domaine occupé par le fluide en mouvement sur le plan de la variable Ω et en remarquant que ce domaine doit nécessairement être d'un seul tenant. On trouvera ailleurs le développement des calculs.

Le calcul de la pression totale subie par l'obstacle est abordable par ce procédé et, en désignant par P_x et P_y les composantes de cette pression, on a (avec une modification sans importance sur les périodes qui ont été remplacées par les deux suivantes $\frac{\omega_3}{i}$ et $i\omega_1$)

$$P_x + iP_y = -\pi e^{\frac{\gamma}{2}l} e^{i\mathrm{B}} \frac{\sigma_1\left(\frac{\gamma}{2}+\mu\omega_3\right)}{\sigma_1\left(\frac{\gamma}{2}-\mu\omega_3\right)}\rho,$$

$$\begin{aligned}\rho = l^2 + 2l\left[2\zeta_1\left(\frac{\gamma}{2}+\mu\omega_3\right) - \zeta\gamma\right] + \left[\zeta_1\left(\frac{\gamma}{2}+\mu\omega_3\right) - \zeta_1\left(\frac{\gamma}{2}-\mu\omega_3\right)\right] \\ \times\left[3\zeta_1\left(\frac{\gamma}{2}+\mu\omega_3\right) + \zeta_1\left(\frac{\gamma}{2}-\mu\omega_3\right) - \gamma\zeta\right] \\ - \left[p_1\left(\frac{\gamma}{2}+\mu\omega_3\right) - p_1\left(\frac{\gamma}{2}-\mu\omega_3\right)\right],\end{aligned}$$

$$l = \frac{i}{\omega_1}(\mathrm{A} - \mathrm{B} + 2i\mu\eta_1\omega_3),$$

A et B sont les angles des deux plans avec la direction du courant à l'infini, γ une quantité comprise entre o et $2\omega_1$ et μ la quantité $\frac{s_0}{\pi}$.

Il subsiste dans toute la question un paramètre arbitraire, d'où la possibilité d'une infinité continue de solutions; par exemple, on peut prendre arbitrairement le rapport des périodes des fonctions elliptiques introduites et, si ce rapport tend vers l'infini, on trouve à la limite la solution de M. Levi-Cività, dans laquelle on suppose qu'il n'y a pas de plage de fluide mort à l'avant des deux lames.

Le passage à la limite se fait sans difficultés, mais néanmoins avec certaines particularités importantes qui permettent d'expliquer l'existence de la multiplicité des solutions.

Il est intéressant de savoir comment varie la pression dans cet ensemble de mouvements, *a priori* également possibles; c'est aussi un point qu'il y aura lieu de préciser prochainement.

J'ai vérifié les formules trouvées dans le cas où l'obstacle est formé de deux lames dans le prolongement l'une de l'autre et se présente normalement au courant; on retrouve dans ce cas la formule de résistance due à Lord Rayleigh.

ASTRONOMIE. — *Classification dichotomique de tous les astres dans l'hypothèse de leur formation par choc cosmique.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La Cosmogonie dualiste, à l'inverse de la Cosmogonie moniste de l'école de Laplace, introduit dans le problème cosmogonique assez de paramètres indépendants pour le résoudre. La Mécanique newtonienne est une mécanique *d'action radiale de masses à distance dans le vide sidéral.* La Mécanique céleste des *chocs cosmiques* entre masses nébuleuses qui se pénètrent est une Mécanique *d'action tangentielle de surfaces en contact dans un milieu plein de matière en mouvement.* Par là elle ressemble au mécanisme inauguré par Descartes : l'idée de tourbillon évoque d'ailleurs celle d'un dualisme (un fluide et un obstacle au mouvement dans ce fluide). Sans la notion tourbillonnaire on ne peut expliquer les rotations et révolutions. Le fait de considérer à l'origine une sphère gazeuse en rotation n'aboutit qu'à rejeter en arrière dans le temps la notion de tourbillon : mais celle-ci est nécessaire pour comprendre la formation des nappes planétaires, surfaces de tube-tourbillon qui par la résistance de milieu peuvent s'enrouler en tore-tourbillon (Uranus, Neptune, etc.).

Dans la *phase cartésienne* d'un système, la gravitation peut être *inopérante* ou *latente : inopérante*, si la vitesse impartie aux masses en présence par leur attraction mutuelle est négligeable en regard des vitesses cosmiques ou créées par les chocs (jusqu'à 2400^{km} dans les Novæ); *latente*, si les masses (nappes planétaires) se déplacent sur des orbites spirales à *gravitation équilibrée* où en chaque point la force centrifuge équilibre l'attraction centrale [1].

Le dualisme est explicite dans l'expression binome de la loi des distances, de la loi des rotations, de la courbe des spires des spirales. Le dualisme évoque l'idée de choc entre deux masses cosmiques originelles. Le choc est bien effectif entre masses de densité 10^{-4} (céphéides et binaires à éclipse) et ayant une vitesse de l'ordre de 10^5 mètres par seconde : $m\,V = 10$, c'est-à-dire qu'il est de l'ordre de celui que donnerait un jet d'eau animé d'une vitesse de 10^m.

Tout choc dans notre expérience journalière produit une pulvérisation et *une dispersion de matière autour du centre de choc*. Or la *dispersion autour d'un centre* (planète, Soleil, noyau de spirales) est la caractéristique des systèmes cosmiques.

Le choc sur une masse fluide (liquide, bulle de savon) y produit des *oscillations* ou *pulsations;* on les constate aussi dans le Soleil, les Novæ, les Céphéides. Si la pulsation est assez intense, elle produit la *segmentation* du noyau sphérique S sous forme de *système planétaire* ou de *spires* suivant que le choc a lieu dans sa région *polaire* ou *équatoriale* [2].

C'est là le principe de la classification dichotomique de tous les astres pouvant se former par choc cosmique. Sur les conseils de M. Bigourdan, j'ai adopté des notations précisant l'origine de tous les astres : les indices *v*, *e* correspondent à l'émission polaire et équatoriale, les astres I correspondent à une phase intermédiaire instable (nappes planétaires, spires des spirales). Les accents marquent des astres résiduels après une première ou deuxième émission ou condensation ($S'\,N'\,N''$),

Les phénomènes de *pulsation* et de *segmentation* sont complétés par ceux de *sélection* précisés dans le Tableau ci-joint. C'est un phénomène de sélection qui a produit les deux courants d'étoiles E_1, E_2; E_1 étoiles à orbites circulaires de sens rétrograde autour du noyau de la Voie lactée, E_2 étoiles (dont le Soleil) à orbites cométaires dont l'axe est en moyenne vers le

---

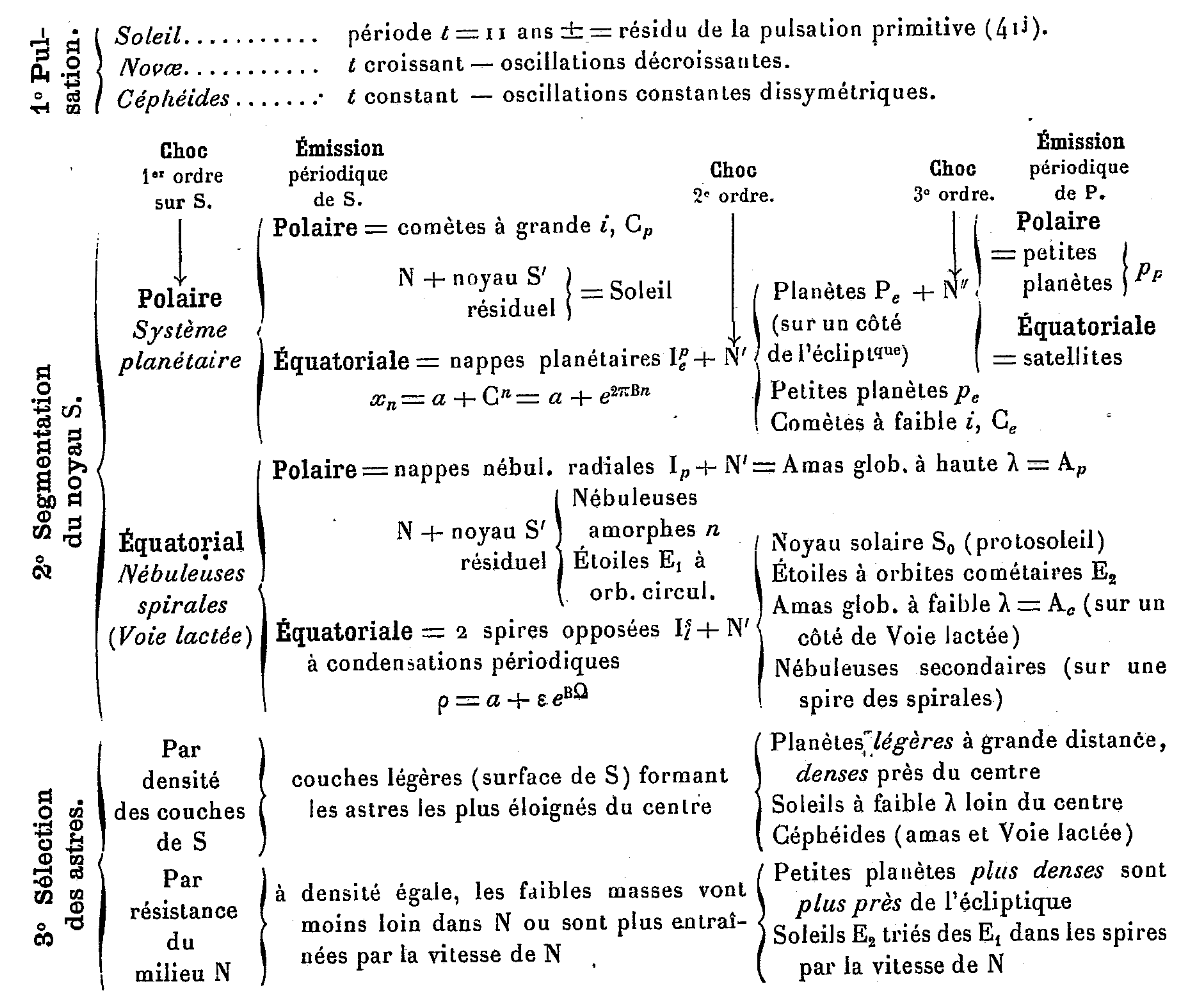
(1) *Comptes rendus*, t. **168**, 1919, p. 158.
(2) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 158 et 1097.

Sagittaire. La vitesse relative des deux courants serait alors

$$20^{km} + 20 : \sqrt{2} = 34^{km};$$

on a mesuré environ 40^{km}.

CLASSIFICATION DICHOTOMIQUE *des astres produits par* CHOC COSMIQUE *d'une sphère gazeuse* S *sur une nébuleuse amorphe* N.



1° Pulsation.
- *Soleil*.......... période $t = 11$ ans $\pm$ = résidu de la pulsation primitive (41j).
- *Novæ*.......... t croissant — oscillations décroissantes.
- *Céphéides*....... t constant — oscillations constantes dissymétriques.

2° Segmentation du noyau S.

Choc 1er ordre sur S.	Émission périodique de S.	Choc 2e ordre.	Choc 3e ordre.	Émission périodique de P.
Polaire *Système planétaire*	**Polaire** = comètes à grande i, C_p N + noyau S' résiduel = Soleil **Équatoriale** = nappes planétaires I_e^p + N' $x_n = a + C^n = a + e^{2\pi Bn}$	Planètes P_e + N'' (sur un côté de l'éclipt^que) Petites planètes p_e Comètes à faible i, C_e		**Polaire** = petites planètes p_p **Équatoriale** = satellites
Équatorial *Nébuleuses spirales (Voie lactée)*	**Polaire** = nappes nébul. radiales I_p + N' = Amas glob. à haute λ = A_p N + noyau S' résiduel { Nébuleuses amorphes n; Étoiles E_1 à orb. circul. } **Équatoriale** = 2 spires opposées I_l^s + N' à condensations périodiques $\rho = a + \varepsilon e^{B\Omega}$	Noyau solaire S_0 (protosoleil) Étoiles à orbites cométaires E_2 Amas glob. à faible $\lambda = A_e$ (sur un côté de Voie lactée) Nébuleuses secondaires (sur une spire des spirales)		

3° Sélection des astres.

Par densité des couches de S	couches légères (surface de S) formant les astres les plus éloignés du centre	Planètes *légères* à grande distance, *denses* près du centre Soleils à faible λ loin du centre Céphéides (amas et Voie lactée)
Par résistance du milieu N	à densité égale, les faibles masses vont moins loin dans N ou sont plus entraînées par la vitesse de N	Petites planètes *plus denses* sont *plus près* de l'écliptique Soleils E_2 triés des E_1 dans les spires par la vitesse de N

La classification fait ressortir qu'au point de vue originel, il y a deux catégories d'astres qui se correspondent ou sont même identiques : amas (A_p, A_e), petites planètes (P_p, P_e), comètes (C_p, C_e), nappes (I_p, I_e). Les amas globulaires A_e, noyaux périodiques dans les spires, sont l'équivalent

des planètes P_e de notre système. Les A_e et P_e ont une formation unilatérale dans chaque système.

L'histoire du noyau originel solaire (protosoleil S_0) est facile à reconstituer avant son choc sur N_0 et avant l'émission des nappes planétaires I_e^p : né dans le choc équatorial du noyau S de la Voie lactée sur la nébuleuse N de notre univers, il s'est éloigné longtemps sur l'une des spires I_e^s avant d'être sélectionné par la vitesse de N, qui, en raison de sa petite masse, l'a précipité vers le centre de la Voie lactée sur une orbite directe cométaire. C'est sur cette trajectoire qu'il a rencontré la nébuleuse N_0, fraction relativement centrale de N, et a formé alors la Nova solaire avec émission de nappes planétaires. Après avoir contourné le centre de la Voie lactée, notre système s'en éloigne actuellement.

En résumé, la Mécanique céleste cartésienne, qui est celle des origines, est plus simple que la Mécanique newtonienne : elle est plus facile à saisir parce qu'elle analyse des phénomènes du genre de ceux que l'on peut réaliser dans nos laboratoires.

MINÉRALOGIE. — *Nouveau procédé simple et rapide permettant de recueillir et de caractériser les enduits produits par les métalloïdes et les métaux susceptibles de se volatiliser au chalumeau.* Note de M. **Ad. Braly**.

Pour la détermination des minerais au chalumeau qui est d'un si grand secours pour les prospections minières dans lesquelles on ne dispose pas d'un laboratoire, on utilise la propriété que possèdent certains éléments de former des enduits. Je me suis proposé de perfectionner la technique de la production et de l'étude de ceux-ci.

Ces enduits, en effet, ne sont pas toujours très distincts. Ross a employé une plaque d'aluminium pour les recueillir plus complètement et les rendre plus visibles.

Bunsen, en utilisant son brûleur, obtenait des enduits de métal ou d'oxyde déposés sur le fond d'une capsule en porcelaine, recouverte ou non de noir de fumée ; cette capsule était maintenue froide dans les régions oxydante ou réductrice de la flamme. Par quelques réactions simples et notamment en transformant ces enduits en iodure, puis en sulfure, il caractérisait l'élément qui les avait produits.

Dans tous ces procédés, les enduits sont obtenus par l'action brutale des flammes oxydante ou réductrice et dans le cas de minerais complexes l'enduit est un mélange des enduits fournis par l'ensemble des éléments susceptibles de se volatiliser dans les conditions de l'expérience.

On ne paraît pas avoir tenu compte jusqu'ici de ce que, les divers éléments se volatilisant à des températures différentes, il doit être possible de

les séparer, en agissant à l'aide de flammes de plus en plus chaudes et en recueillant les enduits par fractionnement sur des supports spéciaux permettant d'étudier leurs propriétés physiques et chimiques.

Pour réaliser ces desiderata, j'emploie, quand une température peu élevée est suffisante (grillages, recherche du mercure), la lampe de Berzélius fonctionnant à l'alcool et, pour les réductions, une lampe à paraffine à mèche plate de 15^{mm} de largeur.

Les enduits sont condensés sur un support qui doit posséder les propriétés suivantes : transparence, infusibilité, inattaquabilité aux acides. Les feuilles de muscovite, que l'on trouve dans le commerce sous le nom de *mica ruby clair*, répondent à ces conditions. J'emploie quelquefois des verres de montre.

Les enduits sont donc généralement déterminés sur une feuille mince de mica de $6^{cm} \times 8^{cm}$ (mica-collecteur), maintenue par deux agrafes sur une plaque de carton d'amiante de même dimension, elle-même fixée par une pince-ressort spéciale, en fil de cuivre, pouvant se déplacer et s'incliner à volonté sur un petit support en terre réfractaire. Celui-ci a la forme d'un prisme carré de 2^{cm} de côté sur 9^{cm} de long. Sur ce support sont placées de petites lames de mica (mica-support) sur lesquelles sont effectués les grillages; quand il s'agit de réductions, j'utilise des capsules de charbon de 2^{cm} de diamètre qui sont introduites dans une cavité ménagée à cet effet dans le support.

Dans le cas de grillages, le mica-collecteur est incliné de $75°$ sur le support et placé à $2^{cm},5$ environ de la matière d'essai et à 2^{mm} de la capsule de charbon.

Les éléments suivants : mercure, arsenic, sélénium, tellure, antimoine, cadmium, zinc, plomb, bismuth, étain, thallium, germanium, indium produisent dans ces conditions des enduits caractéristiques dont la nature peut être précisée à l'aide des réactions de Bunsen modifiées de la façon suivante :

Pour transformer les enduits en sulfure, il me paraît préférable de soumettre la lame de mica qu'ils recouvrent aux vapeurs de sulfure ammonique se dégageant de quelques gouttes de ce réactif répandues dans une nacelle en porcelaine.

Pour la transformation en iodure, j'ai constaté que la réaction était plus nette en partant du sulfure; la transformation se réalise simplement quand on dépose sur l'enduit de sulfure quelques gouttes de teinture alcoolique d'iode et qu'on enflamme celle-ci.

Les réactions indiquées par Bunsen peuvent être complétées en chauffant

à la flamme de l'alcool le mica supportant les enduits d'oxyde ou de sulfure. Certains enduits sont fixes, d'autres complètement ou partiellement volatils. Les enduits volatilisés peuvent être recueillis sur un verre de montre, essai très utile pour étudier certains mélanges.

Dans le cas particulier de la détermination des minerais, souvent très complexes, qui a été le but principal de mes recherches, j'ai élaboré une marche rationnelle qui sera développée ultérieurement; je me contenterai de signaler le cas des sulfo-sels.

Généralement, en grillant ces minerais, on obtient au-dessous de la température du rouge l'enduit gris du mercure, puis celui de l'arsenic; vers le rouge sombre, celui du sélénium caractérisé par sa couleur d'un rouge violacé; au rouge vif, celui du tellure, brun noir; enfin, au rouge brillant, l'enduit blanc de l'antimoine.

La méthode des enduits, par le procédé qui vient d'être exposé, permet même de déceler la présence d'éléments n'existant qu'en très faibles proportions. C'est ainsi qu'une « guadalcazarite » du Mexique (sulfure de mercure indiqué comme renfermant moins de 1 pour 100 de sélénium), grillée sur le mica-support, m'a donné sur le mica-collecteur non seulement un abondant enduit gris de mercure, mais encore un enduit blanc devenant rouge par le chlorure stanneux (sélénium) et un faible enduit noir de tellure, métalloïde qui n'avait pas jusqu'ici été signalé dans ce minéral.

Enfin le petit nombre des minéraux rares, dans lesquels il existe du germanium et du thallium, peuvent être facilement caractérisés par la même méthode.

Les essais qui viennent d'être décrits ne nécessitent qu'un matériel très réduit et facilement transportable dans une prospection. Ils peuvent être réalisés sur un volume de matière ne dépassant pas la grosseur d'une forte tête d'épingle; des quantités plus petites encore sont parfaitement utilisables, c'est-à-dire que des minéraux à l'état de simples mouches ou de paillettes peuvent être caractérisés.

GÉOLOGIE. — *Deux anciennes lignes de rivage du Roussillon; leurs relations avec deux périodes glaciaires.* Note [1] de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note à l'Académie des Sciences de Barcelone relative à l'existence en Catalogne de lignes de rivage de 225^m et 280^m, dont j'avais

(1) Séance du 8 mars 1920.

en 1914 indiqué les traces en Roussillon, je signale un troisième littoral, qui m'a été révélé par la découverte que je fis au Cap de Creus d'une ancienne plage actuellement à la cote 100.

Littoral de 100^m. — Ce littoral se suit facilement sur le pourtour du Roussillon. Il en existe un témoin très net près de Collioure, au nord du Mas Cristine. Le long des Albères, à Laroque notamment, les cônes de déjections de première espèce, dont je parlerai plus loin, reposent par leur extrémité frontale sur les sables caillouteux de l'Astien, précisément à la cote 100. Du nord de la gare de Brouilla à Ponteilla, par Banyuls-des-Aspres, existe, à la cote 100, une série de mamelons dont les plateaux caillouteux peuvent être considérés comme les fragments d'une ancienne pénéplaine, inclinée vers la mer, dont les graviers côtiers recouvrent les argiles caillouteuses (Brouilla), sableuses (Trouillas), ou marneuses (Ponteilla) de l'Astien. Il faut éviter de confondre ce cailloutis de l'ancienne pénéplaine de 100^m avec le cailloutis de ruissellement général qui a suivi le retrait de la mer de 100^m. Ce dernier, très caractéristique, est constitué par des éléments de quartz paraissant provenir de la fragmentation d'éléments plus volumineux et roulés ([1]). C'est le caractère des terres du vignoble des moyennes Aspres. Il est bon également de ne pas confondre le cailloutis littoral avec le cailloutis à galets de quartz, de granite et de schistes qui marque, de Villemolaque à Saint-Jean-Lasseille et à Bages, par exemple, les anciens cours successifs du Réart, actuellement dévié vers le Nord par capture par la Cantarrane.

Le littoral de 100^m se reconnaît sur les versants des bassins inférieurs de la Tet et de l'Agly, notamment au pied des causses de Thuir, de Baixas, de Cases de Pène et d'Opoul, où il est marqué par des sables graveleux semblables à ceux des plages actuelles d'Argelès et de Barcarès.

La rupture de pente qui existe entre les sables et le bord surbaissé du causse, formant falaise, est adoucie par des dépôts d'argiles de rubéfaction à cailloux anguleux de brèches de pente.

Littoral de 280^m. — Aux témoins que j'ai indiqués en 1914, j'ajouterai quelques vestiges de terrasses aux confluents des vallées transversales

([1]) Cette abondance exclusive des quartz fragmentés tient à ce que le diluvium argileux qui les renferme provient du délayage par les eaux de ruissellement des cônes de déjections de première espèce, au sein desquels les galets de quartz seuls ont résisté à la désagrégation chimique qui a affecté les autres éléments, y compris les lames schisteuses intercalées dans les quartz, suivant lesquelles ces quartz se fragmentent alors facilement.

des Albères avec la vallée du Tech. Mais une mention spéciale est due au cordon (non figuré sur la Carte géologique) de cailloux roulés qu'on peut suivre, à cette cote, le long du chaînon de Queribus, du sud-est de Paziols au nord-ouest de Maury.

Cônes de déjections. — Les bords du golfe du Roussillon, ainsi que les versants des vallées qui en sont tributaires, aussi bien que les bords de la haute dépression lacustre de la Cerdagne, présentent deux séries remarquables de cônes de déjections. La plus ancienne comprend des cônes dont il ne reste que les ailes, mais dont le profil reconstitué permet de faire remonter le sommet au « littoral de 280^m » ou à son équivalent « le palier supérieur » des vallées [1]. La seconde série occupe, au droit des vallées d'alimentation, entre les ailes de chacun des cônes de la première série formant saillie, la brèche qu'y ont ouverte des ravinements dus à des précipitations intenses et accélérées par le rajeunissement du réseau hydrographique. La nappe frontale des cônes de la deuxième série diffère sensiblement de celle de la première, comme composition et allure topographique. Elle est constituée par des alluvions d'autant plus fines qu'on se rapproche davantage de la cote 75^m (pour les cônes des bassins inférieurs) et le modelé topographique, aussi bien en Roussillon qu'en Cerdagne, indiquerait que cette nappe s'est développée progressivement sous des eaux en cours de régression.

En 1911 [2] j'ai établi l'existence de deux périodes glaciaires dans le massif du Carlit et j'ai pu ultérieurement authentifier la seconde de ces périodes jusqu'au sud de Marquixanes, par un glaciaire reposant, à la cote 400, sur des terrains de transport que je rapporte aujourd'hui aux cônes de déjections de première espèce.

Conclusions. — Au mouvement qui porta les eaux à 280^m succéda assez rapidement la phase inverse de la pulsation post-pliocène, et la mer commença à se retirer, pendant qu'un changement dans les conditions météorologiques amenait un régime de précipitations aqueuses intenses provoquant la débâcle de la première calotte glaciaire. Les matériaux très grossiers qu'elle entraîna constituèrent les premiers cônes de déjections. Un arrêt dans l'exondation du sol fixe alors momentanément le « littoral de 100^m ». Un régime plus froid s'établit, auquel est liée une deuxième glaciation envoyant des moraines jusqu'à 400^m. La mer du « littoral de 100^m » reprend sa régression; les pluies recommencent et une nouvelle débâcle se produit, qui emporte la partie axiale des anciens cônes, que remblaient bientôt, mais à une hauteur moindre (170^m pour ceux des bassins inférieurs), des matériaux plus roulés, moins chaotiques et plus triés par grosseurs décroissantes vers l'aval que ceux des cônes précédents.

---

(1) O. Mengel, *Notes géologiques sur les Pyrénées orientales* (*B. Soc. Agr. Sc. et Lett. des Pyr.-Or.*, t. 48, 1907).

(2) O. Mengel, *Étude de Géographie physique sur les Pyrénées catalanes* (*B. Sect. Canigou du C. A. F.*, décembre 1911).

La régression, d'abord lente jusqu'à 75ᵐ (*C. R. Ac. Sc. Barcelone*), s'accentue ensuite, laissant en arrière, à 75ᵐ, un cordon de lacs littoraux (Estagel, Thuir, Saint-Genis, Gérone, Sils), bientôt colmatés par le ruissellement qui soude en même temps les bases progressives des cônes de déjections de la seconde série, pour en former une nouvelle pénéplaine, la plaine à cailloux de quartz fragmentés.

Les eaux, un instant stationnaires à la cote 30, se retirent définitivement pendant qu'un ruissellement moins actif marque de ses basses terrasses fluviales les phases de l'abaissement du niveau de base.

LITHOLOGIE. — *Les roches à faciès granitique associées aux diabases du massif de Doualé* (Haut-Sénégal et Niger). Note de M. **Henry Hubert.**

Le plus vaste massif diabasique de l'Afrique occidentale française est sans doute celui qui, sur 200^{km} de longueur, s'étend au nord de Bafoulabé (¹) (Haut-Sénégal et Niger). Je l'appelle ici « massif de Doualé », du nom d'un village situé dans sa partie centrale. Les diabases s'y présentent soit en coulées épanchées sur les grès siliceux et les types sédimentaires associés, soit sous forme de sills intercalés au milieu de ces formations. En dehors des actions de contact, sur lesquelles je me propose de revenir ultérieurement, une des particularités de ce massif est la présence, au milieu des diabases, d'affleurements très localisés — souvent réduits à quelques mètres — de roches à faciès granitique dont la présence est d'autant plus remarquable sur le terrain que leur coloration très claire tranche vivement sur le fond sombre de la masse.

L'examen microscopique des échantillons recueillis montre le passage graduel des diabases au type acide et permet l'interprétation des faits observés sur le terrain.

Les diabases normales du massif sont de tous points identiques à celles de la Guinée, décrites antérieurement par M. A. Lacroix (²). Le type le

(¹) H. Hubert, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 648; *Bull. Soc. géol. Fr.*, t. 18, 1918, p. 262-276. Ces diabases ont été décrites tantôt comme des grès à l'est d'Yélimané, tantôt comme des granites, entre Kersignané et Korriga (R. Chudeau, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1918, nº 13, p. 136, et *Bull. Mus. Hist. nat.*, 1919, nº 2, p. 89-90).

(²) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 410; *Les syénites néphéliniques de l'archipel de Los*, p. 108 et suiv.

plus commun est celui de la roche à grain moyen, à structure diabasique, formée par l'association de magnétite — ou titanomagnétite — d'augite (maclée), de labrador, et accessoirement de biotite et de micropegmatite.

A M'Balanka, on trouve, à côté des roches du type précédent, des boules ayant échappé à la décomposition. Elles offrent l'aspect extérieur des diabases avec, au milieu, des plages à plus grands éléments, ayant la constitution des granites à amphibole. Au microscope, la partie basique est bien une diabase normale. Quant aux plages granitiques, elles sont constituées par de l'ilménite, de la biotite, de l'albite, du quartz et de la micropegmatite abondante. L'ensemble a conservé la structure ophitique et le passage d'un type à l'autre se fait progressivement.

Le passage se fait d'une façon moins brusque encore dans un échantillon de Kersignané, où l'on peut le suivre à l'œil nu. La roche à faciès granitique présente encore la structure diabasique. Elle est constituée par de l'ilménite, des cristaux anciens d'albite et de microcline (parfois tordus), de l'augite (ouralitisée, généralement maclée), et, dans les cavités intersertales, du microcline.

La partie granitique de la roche précédente marque le passage vers un autre échantillon de Kersignané, à grands éléments (ilménite, amphibole, albite et quartz) où la structure ophitique est à peine marquée. On arrive ainsi à une roche qui, examinée isolément, serait considérée comme un granite à amphibole banal.

Le passage des diabases aux types acides peut encore se faire par des intermédiaires différents.

On observe à Siracoro [1], associée aux diabases normales, une roche à faciès monzonitique où l'amphibole, abondante, se présente, à l'œil nu, en cristaux aciculaires au milieu de feldspaths rosés. L'orthose, l'andésine et l'augite y forment une association à structure diabasique, dans les cavités intersertales de laquelle se trouve de la micropegmatite. Les autres éléments de la roche sont l'ilménite, le sphène, la hornblende (souvent secondaire) et le quartz. Cette roche est en somme une monzonite quartzifère.

A Sélikégny, on trouve un type voisin, mais évoluant vers le granite, avec du pyroxène, de l'amphibole, du microcline, de l'orthose (abondant) et du quartz (rare). La structure est granitique.

---

(1) Siracoro est géographiquement extérieur au massif de Doualé, mais l'affleurement dont il s'agit ici en fait bien partie géologiquement, la liaison s'établissant par de nombreux affleurements intermédiaires.

On passe ensuite aux types franchement granitiques (Yarkada, Kersignané, M'Balanka, etc.). Ce sont des roches d'un gris jaunâtre, parfois presque entièrement blanches, lorsqu'elles ne contiennent guère que du quartz et des feldspaths. Leur structure est celle d'une aplite. Le grain est assez variable d'un échantillon à l'autre. Il est toujours plus gros que celui des aplites normales (éléments ayant au moins quelques millimètres et pouvant atteindre et même dépasser 3^{cm}). On y observe un grand nombre de cavités miarolitiques susceptibles de se développer en véritables géodes tapissées de cristaux à pointement libre.

Les éléments communs à tous ces types sont l'amphibole, l'ilménite, l'albite (montrant souvent l'association de deux types différents quant à l'âge), le microcline, le quartz (ces deux éléments parfois associés pour former de la micropegmatite). On observe encore, mais d'une façon irrégulière, du zircon, de l'augite, de la biotite, et, comme éléments secondaires, de l'épidote, du sphène et du rutile.

Trois hypothèses peuvent être formulées à propos des relations existant entre ces roches et la diabase normale : absorption de granite par le magma basique; actions endomorphes au contact de sédiments; différenciation. Les deux premières hypothèses se trouvent écartées: la première du fait qu'il n'y a pas de granite dans la région, la seconde parce que si les phénomènes observés ont bien généralement lieu à proximité de sédiments, ils se produisent indépendamment de la nature chimique de ceux-ci (quartzites ou calcaires). La troisième hypothèse seule est donc acceptable : l'individualisation des types à faciès granitique apparaît alors ici comme le développement, localement exagéré, de la micropegmatite qui se rencontre normalement dans les diabases de la région. Ce phénomène est à rapprocher de celui signalé par M. Barrois à propos d'aplites et de pegmatites au milieu du kersanton [1], avec cette différence toutefois que les types africains ne se présentent pas sous forme de filons.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La hauteur des vagues de la mer.* Note de M. **J. Rouch**.

Pendant l'expédition antarctique du Dr Charcot à bord du *Pourquoi-Pas?* (1908-1910), nous avons mesuré la hauteur des vagues de la mer à l'aide du statoscope enregistreur. Ces expériences nous avaient été suggérées

(1) *Comptes rendus*, t. 134, 1902, p. 752.

avant le départ de l'expédition par M. le D[r] Richard, directeur du Musée océanographique de Monaco. Le statoscope est un baromètre très sensible qui permet de déterminer à peu près instantanément et d'une façon très précise les petites variations d'altitude, à condition bien entendu que la pression barométrique reste sensiblement constante pendant l'expérience ou qu'on en connaisse la variation.

Le statoscope dont nous nous sommes servi, construit par MM. Richard, donnait d'après les constructeurs une amplitude de 25^{mm} pour une variation de pression de 1^{mm} de mercure. Nous avons vérifié plusieurs fois l'étalonnage en cours de campagne et nous avons trouvé en moyenne une amplitude de 22^{mm} pour une variation de pression de 1^{mm}. C'est ce dernier nombre que nous avons adopté : 1^{mm} relevé sur la feuille de l'instrument correspond donc à une hauteur de $0^{m},50$ environ.

Pendant les traversées de l'Atlantique et des mers australes, nous avons recueilli de nombreuses courbes qui enregistrent les mouvements du navire et qui permettent de déterminer l'amplitude verticale de ces mouvements et par suite la hauteur de la houle et des vagues.

Toutefois la hauteur des vagues déduite de ces observations n'est exacte que sous certaines conditions :

1° Au moment du passage du creux et de la crête de la vague, le navire n'est pas toujours droit par suite des mouvements de tangage et de roulis. Sur le *Pourquoi-Pas ?* le statoscope était placé assez près du milieu du navire pour que les erreurs de cette sorte, éliminées d'ailleurs par des observations assez nombreuses, soient toujours faibles.

2° Par vent assez fort, la pression barométrique éprouve elle-même des variations très rapides dont l'amplitude s'ajoute à celle des mouvements verticaux du navire. Ces variations de pression constituent ce qu'on appelle le *pompage* du baromètre. Nous avons utilisé à terre le statoscope pour mesurer le pompage dû aux irrégularités de la vitesse du vent : le trait tracé par la plume du statoscope s'épaissit et présente des crochets verticaux presque continuels ou des zigzags plus espacés. (Voir les résultats que nous avons publiés à ce sujet dans le Volume consacré aux observations météorologiques de la *Collection des Mémoires de la Deuxième expédition antarctique française.*) L'expérience nous a montré qu'à terre le pompage ne commence à se manifester que par des vents de vitesse supérieure au degré 5 de l'échelle de Beaufort. Le pompage peut avoir une amplitude assez grande lorsque les rafales sont violentes.

Il est difficile d'éliminer une erreur de ce genre dans les observations de

houle. En mer, il est probable que, le vent étant plus régulier qu'à terre, le pompage doit être très atténué.

Cependant, pour être bien sûr qu'il ne fausse pas les résultats, nous ne considérons dans cette Note que des observations de houle faites par un vent inférieur à 5.

3° Enfin, le statoscope enregistreur est très sensible aux chocs. Quand le *Pourquoi-Pas?* naviguait dans les glaces, les chocs des glaçons causaient fréquemment à la plume de l'instrument des vibrations de 10^{mm} d'amplitude. Par grosse mer le navire reçoit de véritables chocs de paquets de mer qui embarquent ou qui brisent contre la coque, et les vibrations de la plume de l'instrument peuvent être aussi importantes. L'appareil ne nous semble donc pas utilisable pour mesurer la houle par très mauvais temps.

Nous indiquons ci-après les caractéristiques de quelques courbes relevées dans diverses régions. Nous avons tenu compte de la pression barométrique et de la température du moment pour calculer les différences de hauteur correspondant aux différences de pression. Pour chaque courbe nous indiquons la hauteur des vagues les plus hautes de la série observée.

1° 31 août 1908 (de 11^h à 12^h). — Dans la Manche, par le travers du ras Blanchard. Houle d'W. Vent de SW. Force 4 :

16 vagues de hauteur supérieure à 3^m; 4 vagues supérieures à 4^m; 1 vague de 5^m.

2° 26 septembre 1908 (de 9^h à 11^h). — Latitude 9° N. Longitude 28° W. Houle de NE. Vent d'E-NE. Force 2 à 3 (alizé) :

18 vagues supérieures à 3^m; 1 vague de $4^m,50$.

3° 25 novembre 1908 (de 8^h à 18^h). — Latitude 39° S. Longitude 60° W. Houle et clapotis. Vent variant de N-NE. Force 4 à SW. Force 1 :

Plusieurs vagues supérieures à 2^m; 17 vagues supérieures à 3^m; 6 vagues supérieures à 4^m; 2 vagues de $4^m,50$.

4° 27 novembre 1909 (de 14^h à 15^h). — Détroit de Bransfield. Houle et clapotis de NE. Vent de NE. Force 4 :

Plusieurs vagues supérieures à 3^m; 11 vagues supérieures à 4^m; 4 vagues supérieures à 5^m; 1 vague de 6^m.

5° 28 janvier 1910 (de 9^h à 18^h). — Latitude 55° S. Longitude 98° W. Forte houle de SW. Vent de SW. Force 4 à 5 :

Nombreuses vagues supérieures à 4^m et à 5^m; 40 vagues supérieures à 6^m; 20 vagues supérieures à 7^m; 9 vagues supérieures à 8^m; 5 vagues supérieures à 9^m; 1 vague de $10^m,50$.

6° 1er mars 1910 (de 6^h à 7^h). — Latitude 44° S. Longitude 67° W. Houle de NE. Vent de NE. Force 3 :

Nombreuses vagues supérieures à $1^m,50$, mais aucune ne dépasse 2^m.

7° 3 mars 1910 (de 11^h à 12^h). — Latitude 40° S. Longitude 63° W. Houle d'E. Vent d'E. Force 2 :

Pas de vagues supérieures à 2^m.

8° 5 mai 1910 (de 15^h à 16^h). — Latitude 8° N. Longitude 28° W. Houle de NE. Vent de N-NE. Force 3 (alizé) :

Nombreuses vagues supérieures à 2^m; 4 vagues supérieures à 3^m; 1 vague de 4^m.

Pour les raisons que nous avons indiquées plus haut, les observations ci-dessus ne se rapportent qu'à des vents faibles ou modérés. Il existe donc certainement des vagues plus hautes que celles que nous signalons. Toutefois, au cours de notre campagne, nous n'avons jamais observé en mer de courbes ayant l'amplitude de celle du 28 janvier 1910. Nous indiquerons par exemple que le 26 janvier 1910, dans les mêmes parages que le 28 janvier, par 69° S et 107° W, le vent soufflant de W-SW, force 7, une courbe de statoscope relevée de 9^h à 10^h donne de nombreux mouvements d'amplitude de 3^m, 4 oscillations de plus de 4^m, et 1 oscillation de 5^m, mais pas une oscillation supérieure.

Les vagues d'une hauteur supérieure à 10^m sont certainement rares dans l'Atlantique et dans les mers australes.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Origine des faisceaux libéroligneux transverses formant un lacis aux nœuds des Graminées.* Note (¹) de M. **P. Bugnon**, présentée par M. Guignard.

Les tiges des Graminées offrent de prime abord un contraste si marqué entre leurs entre-nœuds, habituellement creux et très allongés, et leurs nœuds, séparant comme des planchers les entre-nœuds successifs, que les morphologistes descripteurs ont adopté pour désigner ces tiges un terme spécial, celui de *chaume*.

Les nœuds des chaumes diffèrent des entre-nœuds non seulement par leur aspect extérieur, mais aussi par leur constitution intime et, notamment, par l'organisation anatomique de leur appareil conducteur libéroligneux. Tandis que, dans les entre-nœuds, les faisceaux conducteurs sont régulièrement longitudinaux et parallèles, dans les nœuds, ces faisceaux se courbent pour la plupart, s'entre-croisent et, de plus, un lacis fasciculaire transversal forme, dans l'épaisseur du diaphragme nodal adulte, un réseau souvent très compliqué. Ce réseau est en rapport étroit, d'une part avec les faisceaux longitudinaux de la tige, d'autre part, le cas échéant, avec les faisceaux des bourgeons axillaires et ceux des racines adventives.

(¹) Séance du 1er mars 1920.

En raison de ces relations multiples, les faisceaux transverses furent attribués, suivant les auteurs : 1° à une ramification locale des faisceaux longitudinaux; 2° au prolongement ramifié des faisceaux des bourgeons axillaires ou des racines adventives; 3° à une différenciation indépendante des trois autres systèmes fasciculaires, avec mise en rapport subséquente.

On peut trouver la première hypothèse exprimée, comme le rapporte Guillaud (1), dès 1831, dans l'important Ouvrage de Mohl sur la structure des Palmiers, puis dans un Traité de Schleiden (1861); Unger (1840), cité par Mangin (2), s'exprimerait d'abord dans le même sens.

Les travaux de Mangin paraissent avoir résolu par la négative la question de l'origine des faisceaux transverses à partir des faisceaux de racines adventives. Mangin confirme, comme il le rappelle (3), l'opinion de Schleiden (1861) et de Falkenberg (1876) et contredit les affirmations de Unger (1840) reproduites par de Bary (1877). D'autre part, si les rapports du plexus fasciculaire nodal avec les faisceaux du bourgeon axillaire sont tels que Falkenberg (4) fait dériver sans restriction le premier des seconds, il résulte cependant des observations de Mangin et de Strasburger (5) que des faisceaux transverses peuvent exister au niveau d'un nœud dépourvu de bourgeon axillaire ou pourvu d'un bourgeon à peine ébauché. Si donc la deuxième hypothèse contient une part de vérité, elle se révèle notoirement insuffisante.

Pour Guillaud, il s'agit d'une origine indépendante, aux dépens d'un périméristème. Après les critiques de Mangin (2), cette hypothèse paraît inadmissible. Mohl (6), de son côté, admet l'existence d'un méristème secondaire indépendant, d'où dériveraient les faisceaux transverses.

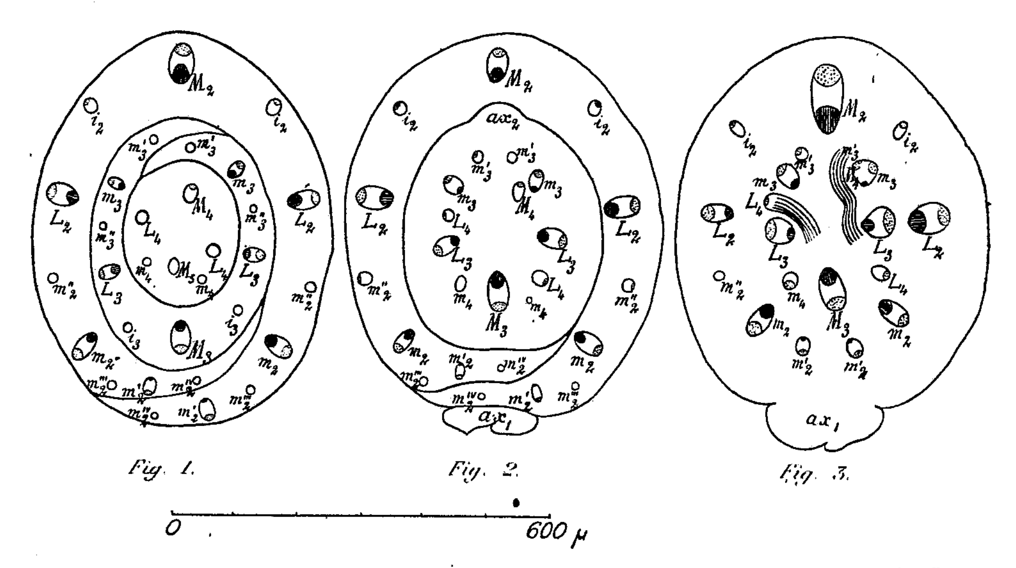
Comme on le voit, la question reste en suspens, bien qu'elle paraisse assez simple à résoudre : l'étude attentive d'une série de coupes transversales intéressant un bourgeon terminal sur une longueur suffisante doit en effet en fournir la solution. L'exemple suivant, choisi entre beaucoup d'autres, le prouve.

Il s'agit d'une série de coupes transversales pratiquées dans le bourgeon terminal d'une germination de riz (*Oryza sativa* L.) qui possédait déjà cinq feuilles individualisées au-dessus de la piléole. Je désignerai ces feuilles, en tenant compte de l'ordre suivant lequel elles se sont développées, par F_1, F_2, F_3, F_4, F_5. Dans chaque feuille, les cordons procambiaux ou les faisceaux libéroligneux qui en dérivent seront dési-

---

(1) A. GUILLAUD, *Ann. Sc. nat.*, 6e série, *Bot.*, t. 5, 1878, p. 129.
(2) L. MANGIN, *Ann. Sc. nat.*, 6e série, *Bot.*, t. 14, 1882, p. 222.
(3) L. MANGIN, *loc. cit.*, p. 318 et 319.
(4) P. FALKENBERG, *Vergl. Unters. d. Veget. Monoc.*, 1876, p. 122 à 128.
(5) E. STRASBURGER, *Leitungsb. in den Pflanzen*, 1891, p. 355.
(6) H. VON MOHL, *Cambiumschicht d. Stam. d. Phan.* (*Botan. Zeit.*, 1858).

gnés conformément à la notation adoptée par Gravis ([1]) : le *médian*, le premier apparu et le plus complètement différencié, par M; les deux qui apparaissent ensuite, *latéraux* par rapport à M, seront désignés par L; les suivants par m, m', m'', ..., s'ils sont *marginaux*, c'est-à-dire situés de l'autre côté des L par rapport à M et par i, i', i'', ..., s'ils sont *intermédiaires* entre les L et M.



Coupes transversale dans le bourgeon terminal d'une germination de riz (*Oryza sativa* L.) ayant 5 feuilles différenciées au-dessus de la piléole.

Fig. 1 : coupe au niveau du nœud de la feuille F_4. — Fig. 2 : coupe au niveau du nœud de la feuille F_3. — Fig. 3 : coupe au niveau du nœud de la feuille F_2. — Ces trois coupes sont distantes l'une de l'autre de 60µ. Le bois des faisceaux libéroligneux est figuré par des hachures; le liber, par du pointillé. Gr. = 500. Dessins exécutés à la chambre claire.

Au-dessous du nœud d'une feuille, dans la trace foliaire correspondante, les cordons ou faisceaux conservent les mêmes symboles (voir *fig.* 1, 2 et 3).

Le développement de ces faisceaux dans la tige se fait, d'une façon générale, de haut en bas. Ainsi M_5 n'a pas étendu sa différenciation au-dessous de la coupe représentée par la figure 1; un des m_4 pas au-dessous de la coupe représentée par la figure 2, etc.

A l'aisselle de F_1 existe un bourgeon axillaire ax_1; il en est de même pour F_2; le bourgeon ax_2 forme un simple mamelon entièrement méristématique; ax_1 présente déjà les contours de sa préfeuille, mais aucun cordon procambial n'est encore différencié (voir *fig.* 2).

Néanmoins, en étudiant la série des coupes de haut en bas depuis le sommet végétatif de la tige, on voit apparaître au nœud correspondant à F_2 (*fig.* 3) la première indication des faisceaux transverses. D'une part, ceux-ci, au nombre de deux, sont

([1]) A. Gravis, *Rech. anat. et phys. sur le* Tradesc. virg. *L.*, p. 64; 1898.

en rapport évident avec les cordons de trace foliaire m'_3 et L_4; d'autre part, leur état de différenciation correspond étroitement à celui des deux cordons longitudinaux; enfin, les cordons m'_3 et L_4 ne se continuent pas au-dessous du niveau de leur réunion avec les cordons transverses.

Il s'ensuit donc que, dans le cas étudié, les premiers faisceaux transverses nodaux ne sont que des faisceaux primitivement longitudinaux brusquement recourbés à angle droit.

Ainsi, *c'est par un changement brusque de direction des faisceaux longitudinaux de trace foliaire au cours de leur différenciation vers le bas que se forment, dans les nœuds des chaumes de Graminées, ces faisceaux transverses sans rapport avec des bourgeons axillaires que Mangin, Strasburger ont observés sans expliquer leur production et auxquels Mohl attribuait une origine indépendante, due à l'activité d'un méristème secondaire naissant dans les diaphragmes nodaux.*

BOTANIQUE. — *L'appareil libéroligneux foliaire des Bétulacées, Corylacées et Castanéacées.* Note [1] de M. F. **Morvillez**, présentée par M. Guignard.

L'appareil conducteur foliaire présente, dans chacune des familles que l'on a parfois réunies sous le nom de Cupulifères, des caractères bien définis, qui n'excluent pas, d'ailleurs, certaines analogies [2].

1. Bétulacées. — La chaîne foliaire des Aulnes est caractérisée, au sommet du pétiole, par trois régions plus saillantes à droite et à gauche (*ep*, *ea*, *m*; *ep'*, *ea'*, *m'*; *fig.* 1, 2, et 3); les régions marginales (*m*, *m'*) terminent la chaîne en avant.

Tantôt la chaîne est continue (*fig.* 1), tantôt ses éléments sont répartis en deux (*fig.* 2 : P, A) ou trois (*fig.* : 3 P, A*p*, A*a*) systèmes distincts [3]. Dans ce dernier cas, les deux systèmes antérieurs (A*p*, A*a*) se fusionnent à la base de la nervure médiane. [Les éléments conducteurs des grosses nervures se détachent des régions *m*, *m'* et *ea*, *ea'*, puis, après épuisement de ces dernières, des régions *m*, *m'* et *ep*, *ep'*.] Chez les Bouleaux, ces divers plissements sont parfois nettement indiqués (*fig.* 4,

---

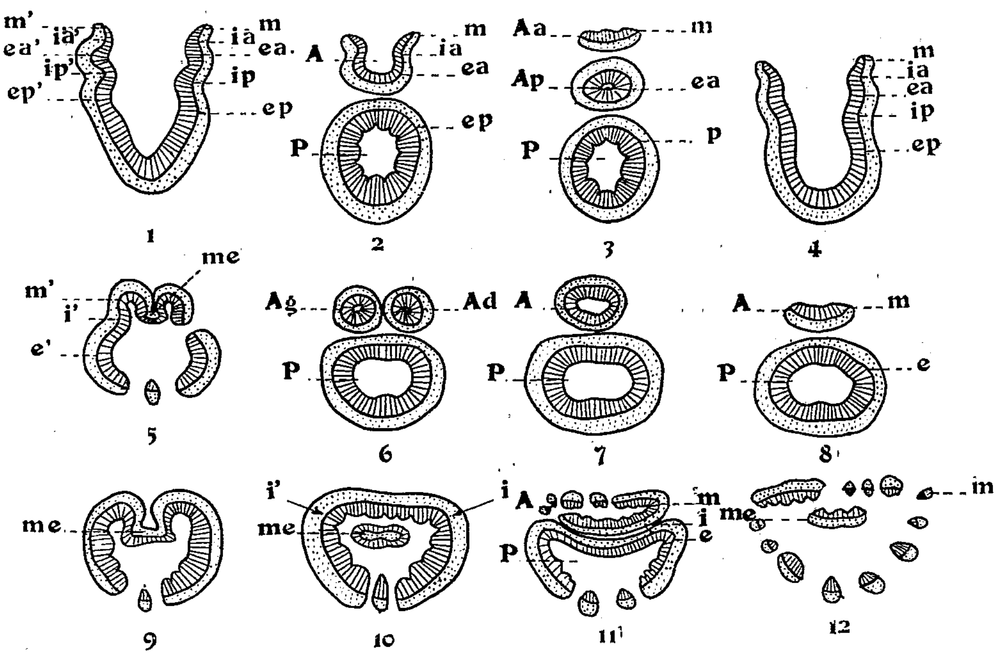
(1) Séance du 1er mars 1920.

(2) Parmi les auteurs qui ont étudié la structure de la feuille dans ce groupe de familles nous citerons : C. de Candolle (1868 et 1879), MM. Petit (1887), Boubier (1896), Col (1904).

(3) Ces diverses régions s'isolent tantôt par simple accentuation des plissements, tantôt par le même procédé que nous décrivons plus loin chez les Corylacées.

Betula Maximowiczii Regel), mais souvent aussi ne sont pas visibles (*B. verrucosa* Ehrh). [Les éléments conducteurs des nervures se détachent des extrémités de la chaîne.]

2. Corylacées. — La chaîne foliaire des Corylacées présente au sommet



Principaux aspects de la chaîne foliaire des Bétulacées (1 a 4), Corylacées (5 a 8) et Castanéacées (9 a 12).

Fig. 1, 2, 3, *Alnus* (sommet du pétiole), les principaux types de structure : Fig. 1, *Alnus* (Alnaster) *viridis* D. C.; Fig. 2, *A. glutinosa* Wild; Fig. 3, *A. occidentalis* Dippel. — Fig. 4, *Betula Maximowiczii* Regel (sommet du pétiole). — Fig. 5 à 8, *Corylus Avellana* L., aspects successifs de la base au sommet du pétiole. — Fig. 9, 10, 11, *Fagus silvatica* L. (id.). — Fig. 12, *Quercus dentata* Thunb. (sommet du pétiole).

Le bois a été représenté par des hachures; le liber, par un pointillé.

du pétiole, de chaque côté deux régions plus saillantes (*fig.* 8 : *e*, *e'*, *m*, *m'*), l'une qui appartient à un système fermé postérieur (P), l'autre à un système ouvert antérieur (A); les régions marginales (*m*, *m'*) terminent la chaîne en avant.

A la base du pétiole, la chaîne des *Corylus* est constituée par un système fermé présentant latéralement deux dépressions symétriques (*plis internes i'*) et antérieurement deux boucles saillantes vers la face supérieure (*fig.* 5); ces dernières se détachent plus haut sous forme d'anneaux fermés (A*d*, A*g* : *fig.* 6) qui se fusionnent ensuite (*fig.* 7); le système antérieur ainsi formé s'ouvre à la région supérieure du pétiole (*fig.* 8).

Dans certaines feuilles des *Corylus Avellana* L., il ne se forme qu'une boucle latérale; dans d'autres, il existe sur un court trajet un massif médullaire (correspondant à la portion *me* de la figure 5). Les *Ostrya* présentent ce dispositif plus fréquemment que les *Corylus*. Les variations individuelles que l'on rencontre chez les *Carpinus* se rattachent par une série de formes intermédiaires au type *Corylus*.

3. Castanéacées. — Au sommet du pétiole : 1° les régions marginales sont reliées par un arc antérieur très développé; 2° les saillies latérales sont faiblement marquées ou nulles.

a. Type « *Fagus silvatica* » L. — L'invagination de la région antérieure à la base du pétiole est très profonde (*fig.* 9); plus haut, sa portion médiane se trouve rejetée à l'intérieur de l'anneau constitué par les autres éléments de la chaîne, d'où formation d'un système médullaire à liber central et à bois périphérique (*me* : *fig.* 10). Enfin les plis internes se forment (suivant les flèches *i*, *i'* de la figure 10) et s'unissent au massif médullaire; les éléments conducteurs sont alors répartis entre deux systèmes fermés, l'un antérieur, l'autre postérieur (*fig.* 11 : A et P).

b. Type « *Quercus paucilamellosa* » Alph. D. C. — D'après C. de Candolle, la chaîne est constituée par un système périphérique fermé et par un massif médullaire à liber central et à bois périphérique [1].

c. Type « *Quercus Robur* » L. — Le massif médullaire ne possède de bois que sur sa face antérieure; les plissements latéraux ne se forment plus (*fig.* 12). Le genre *Castanea* se rattache à ce type.

d. Type « *Quercus Ilex* » L. — La chaîne ne comporte qu'un système fermé sans massif médullaire.

Conclusions. — 1° Nous retrouvons ici une série de types de structure très comparable à celle que nous avons décrite chez les Chrysobalanées et les Légumineuses [2] qui, par ailleurs, semblent très éloignées des familles étudiées plus haut. Ce parallélisme ne se montre pas seulement pour les types les plus tranchés, il se poursuit jusque dans les formes intermédiaires qui les relient (notamment pour les formes caractérisées par massifs médullaires à liber central et à bois périphérique). La structure de l'appareil conducteur des feuilles a donc subi une évolution parallèle, même dans des séries éloignées de Dicotylédones et présente dans toute cette Classe une remarquable unité.

---

(1) C. de Candolle, *Anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de Dicotylédones* (*Soc. de Phys. et d'Hist. natur. de Genève*, t. 26, 2e Partie, p. 445, *loc. cit.*).

(2) *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 859; t. 167, 1918, p. 205; t. 168, 1919, p. 787.

2° Il n'en demeure pas moins possible, dans beaucoup de cas, de définir l'appareil conducteur foliaire d'une famille donnée; mais il est nécessaire de substituer aux caractères tirés de l'absence ou de la présence de faisceaux médullaires ou corticaux ceux qui sont basés sur le nombre et l'intensité des plissements latéraux et sur l'existence ou l'absence d'éléments libéroligneux réunissant en avant les deux régions marginales symétriques (*arc antérieur*), ces caractères étant relevés à la base de la nervure médiane.

BOTANIQUE. — *Production par traumatisme d'une forme nouvelle de Maïs à caryopses multiples*, Zea Mays *var.* polysperma. Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Dans la *Famille II* des Maïs tératologiques issus des graines d'un rejet du type B, obtenu en 1903 après section de la tige principale ([1]), j'ai isolé une lignée héréditaire de *Maïs à feuilles crispées* décrite en 1911 et, depuis, la lignée *Zea Mays* var. *polysperma* qui donne des fruits composés de 2 et parfois de 3 caryopses intimement soudés.

I. Les épis offrent 8 à 12 rangées de grains jaunes, souvent tordus, dont les irrégularités sont d'autant plus marquées que le nombre des grains doubles est plus élevé. Tantôt deux grains insérés au même niveau sont soudés latéralement; tantôt deux grains superposés sont soudés par leurs faces de contact; entre ces deux termes extrêmes, on peut observer de nombreux intermédiaires. Parfois aussi, l'un des carpelles bien développé utilise toute la place disponible; il étouffe en quelque sorte le carpelle annexe réduit à une membrane vide et transparente. Malgré ces dispositions accidentelles, on ne peut méconnaître une forte tendance à l'organisation symétrique; les caryopses doubles sont des éléments soudés par leurs faces homologues et les embryons sont rejetés aux extrémités du diamètre perpendiculaire à la face de contact. La symétrie est beaucoup mieux observée sur les très rares fruits composés de trois carpelles et pourvus de trois embryons.

Comme chez les *Monstres autosites* des Vertébrés supérieurs, la suture est plus ou moins complète. Parfois, mais rarement, les stigmates sont indépendants; le plus souvent le stigmate unique largement étalé en lame laisse une trace linéaire perpendiculaire à la ligne de suture. Il arrive aussi, surtout à l'extrémité des épis où les grains sont petits, que les caryopses doubles offrent une forme globuleuse, avec un stigmate unique, cylindrique, terminé par deux branches comme chez les caryopses normaux à embryon unique.

([1]) L. Blaringhem, *Mutations et traumatismes*, p. 42, Paris, 1907; pied A_{12}.

Les embryons sont toujours indépendants et il est facile de les séparer par la section des grains mûrs. On constate alors qu'ils possèdent un albumen commun, corné à la périphérie, blanc et pulvérulent au centre. *Cet albumen est, lui, un véritable embryon double,* puisque Guignard et Navaschine ont établi que les albumens dérivent de véritables fécondations, comparables à l'origine à celles qui donnent les embryons proprement dits.

II. La forme *Zea Mays polysperma* a été isolée dans mes cultures de 1907. A cette date, j'avais observé sur les ascendants en tout 3 caryopses doubles; l'isolement de la plante dérivée de l'un deux m'a fourni en quatre générations (1908-1911) une lignée franchement héréditaire, mais à caractères peu marqués. J'y ai fait allusion en 1911 en la désignant sous le nom de *race pauvre et très instable* [1]. Le progrès réalisé, malgré l'interruption des cultures de 1914 à 1917, tient à la découverte en 1911 d'un épi exceptionnel portant 9 caryopses doubles et surtout à la découverte d'une corrélation entre les panicules mâles et les épis femelles des plantes aberrantes.

En effet, toutes les plantes pourvues d'épis donnant des graines doubles portent des panicules qui, bien qu'exclusivement formées d'épillets mâles, offrent des coalescences et des multiplications des pièces florales. Les épillets mâles du Maïs sont groupés par deux, l'un pédonculé, l'autre presque sessile. Dans la grande majorité des cas c'est l'épillet pédonculé, le premier développé, qui offre les anomalies les plus accentuées : glumes et glumelles au nombre de 3 ou 4, glumes élargies à nervures parallèles en nombre double ou triple, glumelles surnuméraires ou bifurquées, étamines au nombre de 4, 5 et jusqu'à 7 dans la même fleur, à anthères soudées ou bifurquées et alors portées par un filet large et épaissi. Ainsi, la *multiplication des parties dans l'inflorescence femelle est corrélative de la multiplication des parties dans l'inflorescence mâle.*

Or, les inflorescences mâles sont épanouies avant la sortie des stigmates et l'on peut supprimer toutes celles qui n'offrent pas l'anomalie avant la mise en liberté du pollen. Depuis 1911, j'ai conservé pour la fécondation uniquement les panicules portant une forte proportion d'épillets à pièces surnuméraires; le pollen a naturellement été fourni à la fois par des fleurs normales et par des fleurs aberrantes. D'ailleurs, pour éviter la stérilité qui frappe les lignées strictement autofécondées de Maïs, j'ai dû introduire

(1) *Bulletin Société botanique de France*, t. 58, p. 307.

en 1913, comme progéniteurs mâles accessoires, dix plantes provenant d'une autre lignée tératologique, le *Maïs à grains acajou* dérivé de la *Famille I* de mes cultures. Enfin, dans le choix des épis destinés à la propagation des lignées, j'ai toujours attribué plus d'importance au pourcentage d'épis portant des grains doubles qu'au nombre même de ces grains doubles sur l'épi choisi.

Grâce à ces dispositions, j'ai pu propager la forme nouvelle dont les caractères sont actuellement transmis très régulièrement :

	1911. *Épi portant* 9 *grains doubles* a donné :	
	Plantes à grains doubles.	Plantes à grains simples.
1912	48	17
1913	71	54
1914	pas noté	pas noté
1918	46	62
1919	57	71

En même temps, la proportion des caryopses multiples passait sur les épis les plus remarquables de 5 pour 100 (1911) jusqu'à 95 pour 100 (1919).

En résumé, j'ai obtenu, parmi les lignées de Maïs dérivées de grains développés sur une inflorescence terminale (fasciée par conséquent) une forme nouvelle de Maïs offrant l'hérédité du caractère de fascie jusque dans les organes reproducteurs. C'est, comme j'aurai l'occasion de le montrer ailleurs, un exemple typique d'hérédité de caractères acquis.

MYCOLOGIE. — *Sur la détermination d'Amanites vénéneuses à l'aide de réactions colorées*. Note de M. J. Barlot, présentée par M. L. Mangin.

I. Les Amanites traitées par une ou deux gouttes de dissolutions aqueuses de bases ou d'acides forts donnent un certain nombre de réactions colorées qui peuvent être utilisées pratiquement pour faciliter la détermination de plusieurs espèces; en particulier, l'emploi de ce procédé permet de distinguer immédiatement les espèces les plus toxiques.

Les trois Amanites mortelles réagissent de la façon suivante :

1° *Amanita phalloïdes*, au contact de l'acide sulfurique ordinaire se colore en *violet;* la coloration est particulièrement intense sur les feuillets et sous l'épiderme. Nos observations nous conduisent à penser que le poison du champignon entre en jeu dans cette réaction; à ce point de vue, il est intéressant de rappeler une indication

donnée par Selmi [1], d'après lequel les ptomaïnes se coloreraient en violet au contact de l'acide sulfurique employé avec précaution.

Les autres espèces étudiées donnent avec ce réactif les teintes suivantes :

Amanita pantherina : brun foncé, virant peu à peu au brun violacé;
Amanita citrina : brun verdâtre;
Amanita Muscaria : brun léger, au bord des lames;
Amanita vaginata : brun pâle;
Amanita rubescens : perd sa teinte vineuse, coloration nulle ou brun faible.

2° *Amanita pantherina,* traitée par une dissolution de potasse devient *jaune orange* vif, surtout à la partie supérieure du pied et au bord des lamelles. Avec ce réactif les autres espèces donnent les teintes suivantes :

Amanita citrina : brun carmin sur les bords de l'hymenium;
Rien avec *Amanita Muscaria, A. phalloides, A. rubescens, A. vaginata.*

3° *Amanita citrina*, et sa variété *mappa*, se teintent en *vert brun* intense, instantanément, sous l'action de l'acide nitrique.

Les autres espèces donnent avec ce réactif les colorations suivantes :

Amanita phalloides : rien tout d'abord, puis un jaune assez intense;
Rien avec *Amanita junquillea*, *A. Muscaria*, *A. spissa*, *A. rubescens*, *A. vaginata.*

II. En plus des réactions ci-dessus mentionnées, qui permettent de caractériser nettement chaque espèce, les trois Amanites mortelles peuvent être distinguées par une « hémoréaction » qui leur est commune.

Des fragments du péridium ou du stipe sont traités par une goutte de sang frais (nous n'avons employé que le sans humain et celui de mouton) additionné de ferricyanure de potassium. Il se développe au bout de quelques minutes une coloration noire, avec *Amanita phalloides* et *Amanita pantherina;* le noircissement se produit aussi avec *Amanita citrina*, mais il est moins intense. Dans les mêmes conditions les espèces suivantes ne donnent rien : *Amanita Cœsarea, A. Muscaria, A. vaginata, A. vaginata var. fulva, A. strangulata.*

Dans le cas d'*Amanita rubescens,* le brunissement dû à la présence d'une oxydase rend l'observation assez délicate.

III. Nous mentionnerons enfin une réaction colorée caractéristique de l'*Amanita junquillea.* Cette espèce comestible est assez peu fréquente, mais très facile à confondre avec *Amanita citrina.*

Amanita junquillea se colore instantanément en *jaune brun*, particuliè-

---

(1) Selmi, *Sulle ptomaïne od alcaloïdi cadaverici* (Bologna, 1878).

rement dans la région sous-épidermique, au contact d'une goutte de chlorostannate d'éthyle en dissolution dans l'alcool. Aucune des espèces suivantes ne présente ce caractère :

Amanita aspera, *A. Cœsarea*, *A. citrina*, *A. Muscaria*, *A. Muscaria* var. *formosa*, *A. pantherina*, *A. phalloides*, *A. rubescens*, *A. solitaria*, *A. spissa*, *A. strangulata*, *A. vaginata*, *A. vaginata* var. *fulva*.

Un grand nombre d'autres espèces nous ont donné d'intéressants résultats ; mais la végétation fongique ayant été peu abondante en automne 1919, beaucoup de champignons, d'ordinaire communs, n'ont pu être récoltés ; de ce fait, nos expériences n'ont pas reçu toute la généralisation nécessaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* Note de M. **R. Cambier**, présentée par M. Schlœsing.

On sait que la boue d'égout, soumise à des alternatives d'aération et de repos, acquiert peu à peu la propriété d'épurer l'eau d'égout avec laquelle on la met en contact, en présence d'air ; et l'on admet, généralement, que cette remarquable action épuratrice s'exerce suivant le mécanisme de la fermentation nitrique.

J'ai fait une série d'expériences pour déterminer la vitesse de la nitrification ; j'en transcris trois, relatives à des boues d'âges différents, dans le Tableau suivant qui exprime, en milligrammes d'azote par litre, la teneur en AzH^3 et AzO^3H de l'eau d'égout au fur et à mesure de son épuration par aération forcée au contact de ces boues, à la température ordinaire [1] :

	Temps d'aération.	0.	15m.	30m.	45m.	1h.	1h30m.	2h.	18h.
I	AzH^3......	32	16	12	14	7	4	0,5	tr.
	AzO^3H....	tr.	tr.	1	1,5	3	8	15	23
II	AzH^3......	24	13	9	7	4	1,5	tr.	tr.
	AzO^3H....	tr.	1	3,5	7	10	14	17	17
III	AzH^3......	27	19	19	13	9	1	tr.	0
	AzO^3H....	8	10	10	14	19	36	36	45

Le fait capital est la disparition d'une notable proportion de l'ammoniaque de l'eau d'égout dès les premières minutes de contact de cette eau

(1) Je me suis assuré qu'aucune trace de AzH^3 n'était entraînée par le courant d'air. D'autre part, au cours de ces essais j'ai constaté que la teneur du liquide en CaO dissoute tend à s'accroître plutôt qu'à diminuer.

avec la boue, alors que, dans le même temps, la quantité d'acide nitrique formée reste faible, sinon nulle.

Ce phénomène est surtout appréciable avec les boues de formation récente (exp. I et II); il est moins net avec les vieilles boues (exp. III); mais avec ces dernières, pour peu qu'on prolonge la durée de l'aération, on voit apparaître dans le liquide une quantité d'acide nitrique bien supérieure à celle qui correspondrait à la nitrification totale de l'ammoniaque apportée par l'eau brute. Ce supplément provient de la combustion de la boue elle-même qui, au cours de son vieillissement, s'était enrichie en complexes azotés :

Expérience. — 500^{cm^3} de boue bien lavée, mis en suspension dans de l'eau de source, ont été réduits à 50^{cm^3} après plusieurs jours d'aération forcée; le liquide primitivement exempt de AzH^3 s'est chargé de 360^{mg} AzO^3H; la boue résiduelle a perdu toute activité.

Si l'épuration de l'eau d'égout par les boues se produit bien selon le mécanisme de la fermentation nitrique classique, elle doit être influencée, de la même manière que celle-ci, par les variations de la température. Th. Schlœsing et Müntz [1] ont établi que cette fermentation est nulle à 5°, qu'elle commence à se manifester vers 12°, que son activité croît ensuite rapidement et atteint son maximum à 37°, température à laquelle il se fait 10 fois plus de nitre qu'à 15°. Elle décroît ensuite; à 45° elle est un peu plus faible qu'à 14°, elle devient très faible à 50° et cesse de se produire à 55°. En ce qui concerne la formation des nitrites, les mêmes savants disent qu'on l'observe quand l'aération est insuffisante ou que la température est inférieure à 20°.

Ceci posé, voici les résultats que j'ai obtenus, en soumettant à l'aération forcée, de l'eau d'égout en présence de boue active, à des températures comprises entre 0° et 55° dans des conditions expérimentales rendues aussi comparables entre elles que possible (AzH^3, AzO^3H, AzO^2H sont exprimés en milligrammes d'azote par litre) :

A 0°, disparition totale de AzH^3 en 17 heures. L'eau épurée (légèrement louche) contient 24^{mg} AzO^3H.

A 5°, épuration complète en 4 heures; AzH^3 tombe de 26^{mg} à 0^{mg}; l'eau épurée, limpide, contient 22^{mg} AzO^3H, $0^{mg},1$ AzO^2H.

A 12°, épuration complète en 3 heures; l'eau épurée renferme 0^{mg} AzH^3, 24^{mg} AzO^3H, $0^{mg},1$ AzO^2H.

A 18°-20°, épuration complète en 2 heures (c'est le cas ordinaire de mes expériences).

(1) Th. Schlœsing et Müntz, *Comptes rendus*, t. 89, 1879, p. 1074.

A 25°, épuration complète en 2 heures. AzH^3 tombe de $22^{mg},5$ à 0^{mg}; l'eau traitée, remarquablement limpide, contient 22^{mg} AzO^3H, 0^{mg} AzO^2H.

A 30°, en 2 heures, AzH^3 tombe de 26^{mg} à 1^{mg} (0^{mg} après 3 heures); l'eau traitée contient 20^{mg} AzO^3H et 1^{mg} AzO^2H; elle est limpide.

A 37°, en 2 heures, AzH^3 tombe à 0^{mg}, mais il ne se forme que d'infimes traces d'acide nitrique; par contre, AzO^2H s'élève à 18^{mg}. L'eau traitée reste identique d'aspect à l'eau d'égout initiale. Si on laisse refroidir à la température ordinaire en continuant l'aération, le liquide se clarifie et s'épure, après 15 heures il renferme 20^{mg} AzO^3H et 5^{mg} AzO^2H.

A 42°, en 2 heures, AzH^3 tombe à 10^{mg}, le liquide conserve l'aspect de l'eau brute, il contient 0^{mg} AzO^3H, 12^{mg} AzO^2H. Après 3 heures, même aspect; AzH^3 tombe à 5^{mg}, AzO^3H passe à 1^{mg} et AzO^2H à 16^{mg}. Après retour à la température ordinaire et aération pendant 15 heures, le liquide est un peu clarifié et renferme 8^{mg} AzO^3H, 5^{mg} AzO^2H, 0^{mg} AzH^3.

A 50°, en 2 heures, AzH^3 tombe de 25^{mg} à 15^{mg}. Le liquide, très sale, contient 0^{mg} AzO^3H; 6^{mg} AzO^2H. En 3 heures aucun changement. Après retour à 18° et aération pendant 15 heures, le liquide a conservé l'aspect de l'eau brute, sa teneur en AzH^3 s'est élevée à 22^{mg}.

A 55°, en 2 heures, il ne se fait pas trace d'acide nitrique et seulement 4^{mg} AzO^2H. Il semble que le liquide se charge d'impuretés empruntées à la boue : AzH^3 passe de 26^{mg} à 33^{mg}. Après 3 heures, la teneur en AzH^3 s'est encore élevée et atteint 37^{mg}. La boue a perdu toute activité et sa structure elle-même est modifiée.

En résumé, *même à* 0° l'épuration est complète, la nitrification est simplement retardée; à 5° elle est complète en 4 heures; elle atteint son maximum d'activité à 20°-25° et est encore très satisfaisante à 30°. A 37°, qui est cependant la température optima de la fermentation nitrique vraie, nous n'observons plus de formation d'acide nitrique et l'eau d'égout n'est plus modifiée dans son aspect. Il est remarquable que l'acide nitreux ne se manifeste en quantité appréciable qu'*au-dessus de* 30°.

A noter également que les boues actives sont capables, à la température ordinaire, de transformer les nitrites en nitrates, et que d'autre part leur activité vis-à-vis de l'ammoniaque ne se manifeste plus en présence des vapeurs de chloroforme.

En terminant, je signale que si l'on abandonne à la décantation pendant 3 heures le mélange de la boue et de l'eau d'égout qu'elle vient de nitrifier activement, qu'on siphonne soigneusement cette eau épurée et que par centrifugation de la boue résiduelle on vienne à extraire le liquide interstitiel qui la baigne, on constate que ce liquide s'est très appauvri en nitrates, mais que, par contre, il s'est rechargé de 10^{mg} par litre d'ammoniaque. Et, cependant, cette même boue, additionnée d'eau d'égout neuve et soumise à l'aération, va de nouveau l'épurer et la nitrifier avec énergie.

Enfin, les colloïdes de l'eau d'égout sont, en même temps que l'ammoniaque, fixés en grande partie par la boue dès les premiers instants de contact. Lorsque, l'épuration étant terminée, on vient à ajouter à l'eau épurée limpide surnageant la boue une dose d'ammoniaque égale à celle qu'elle contenait à l'origine, on constate que les colloïdes sont remis en suspension et que le liquide reprend l'aspect de l'eau d'égout brute.

Tous ces faits, susceptibles de plusieurs interprétations, ne pourront être utilement discutés qu'après l'exposé de nouvelles recherches chimiques et bactériologiques, qui fera l'objet d'une Note ultérieure.

A 16 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de dresser une liste de candidats à la dernière place de la *Division des applications de la science à l'industrie* présente, par l'organe de M. le Président de l'Académie, la liste suivante :

En première ligne	M. **Maxime Laubeuf**
En seconde ligne	M. **Charles Rabut**
En troisième ligne ex æquo et par ordre alphabétique	MM. **Bertrand de Fontviolant** **Léon Guillet** **Maurice Prud'homme**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1920.

PRÉSIDENCE DE M HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Les roches éruptives du Crétacé pyrénéen et la nomenclature des roches éruptives modifiées.* Note de M. A. LACROIX.

Les ophites et les lherzolites qui constituent des masses intrusives (et non pas des filons) dans le Trias, le Jurassique et parfois même le Crétacé inférieur des Pyrénées, ne sont pas les seules roches éruptives de cette région française. Le Crétacé, de l'Albien au Danien, de la plaine de Tarbes et des régions voisines dans les Hautes et les Basses-Pyrénées, renferment, sous forme de filons, et souvent de filons de moins de 1^m de puissance, des roches très variées. Quand, en 1889, MM. Seunes et Beaugey appelèrent l'attention sur les premières d'entre elles (1), ils voulurent bien m'en confier l'étude et m'accompagner sur leurs gisements; M. Carez m'en a indiqué d'autres; je suis revenu à maintes reprises sur le terrain, pour y recueillir de nouveaux matériaux, mais j'ai différé jusqu'ici la publication des résultats de leur étude, en raison des difficultés d'interprétation auxquelles je me suis heurté.

Tandis qu'en effet, les lherzolites et les ophites, et particulièrement celles situées à haute altitude, se trouvent dans beaucoup de gisements sous un état de fraîcheur qui permet de préciser leur composition minéralogique et chimique (2), les roches dont il s'agit sont presque toujours, ou bien tellement décomposées qu'elles sont presque méconnaissables, ou bien profondément modifiées chimiquement et minéralogiquement, en dépit d'une apparente fraîcheur.

L'étude de divers types lithologiques, provenant d'autres régions (Madagascar, Portugal, Écosse, etc.), que je crois pouvoir leur comparer,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 109, 1889, p. 509.
(2) A. LACROIX, *Ibid.*, t. 165, 1917, p. 293 et 381.

me permet aujourd'hui d'aborder un essai d'interprétation de plusieurs d'entre elles. Indépendamment de l'intérêt que présente l'établissement des caractéristiques de cette venue éruptive, la plus récente des Pyrénées, il est possible de trouver dans ces roches des indications utiles sur les transformations profondes que peuvent subir des roches postérieurement à leur mise en place; elles montrent combien cet instrument si précieux qu'est l'analyse chimique, doit être manié avec prudence et discernement, quand il s'agit d'en tirer des conclusions sur les relations existant entre les roches d'une même province pétrographique.

A côté de ces roches bien datées, il y a lieu de placer, par analogie minéralogique, celles de quelques gisements, tels que ceux de Pouzac (Hautes-Pyrénées) et de Fitou (Aude) dont les relations géologiques sont moins claires.

Cette Note a pour objet de poser la question, je ne m'y occuperai que de quelques-uns des types se rattachant à une série alcaline, mais, avant toute chose, je voudrais discuter une question d'ordre plus général.

Il n'existe actuellement dans le langage pétrographique aucune règle pour définir les roches ayant subi des transformations qui, tout en étant profondes, n'ont pas masqué leur origine éruptive. Deux cas principaux sont à considérer :

1° La composition chimique et minéralogique originelle de la roche peut être reconstituée. Quelle que soit l'intensité de la transformation, j'estime qu'il faut, en premier lieu, mettre en évidence ce qu'était la roche à l'origine, mais là encore deux cas se présentent.

Dans l'un, le changement minéralogique ne résulte pas d'une modification chimique importante ou tout au moins la transformation n'a pas été suffisante pour dissimuler le caractère originel de la roche. Le changement consiste essentiellement en un nouvel arrangement moléculaire; c'est donc une paramorphose, si l'on veut étendre à une roche ce terme appliqué jusqu'ici aux espèces minérales considérées individuellement. Cette particularité peut être mise en relief en faisant précéder le nom de la roche intacte du préfixe *para;* un gabbro saussuritisé sera ainsi un *paragabbro;* la formule magmatique du *Verde di Corsica* d'Orezza, qui ne renferme plus aucun des minéraux originels, est (III.5.4.4), comme celle d'un gabbro labradorique intact [1].

(1) Dans la série continue des transformations qui, sans changement de composition chimique, conduit une roche éruptive à un schiste cristallin, je maintiens la dénomination *para* jusqu'au moment où il n'existe plus de trace de la structure originelle; à partir de ce point, la nomenclature devient celle des schistes cristallins.

Dans le second cas, la modification minéralogique est la conséquence d'une transformation chimique suffisante pour modifier le caractère magmatique; tels sont par exemple les laves à leucite de Trébizonde [1], dans lesquelles la substitution de Na^2O à la plus grande partie de K^2O conduit à un type dont la formule magmatique est celle d'une andésite, au lieu de celle d'une leucittéphrite. Le préfixe *méta* associé au nom de la *forme originelle* de la roche, avec addition de la formule magmatique *actuelle*, évite toute ambiguïté (métaleucittéphrite [III.5.3.4]). Un autre exemple est celui de roches néphéliniques, dans lesquelles, par suite de la destruction de la néphéline, le rapport $\frac{K^2O}{Na^2O}$ a pris une valeur plus grande, en même temps qu'apparaît un excès, au lieu d'un déficit originel, de silice [métasyénite néphélinique des tufs phonolitiques de Brocq (Cantal) [I.4.1.3], à la place de la formule originelle (I.6.1.4)].

2° Les transformations chimiques et minéralogiques sont telles que l'état primitif de la roche ne peut être reconstitué avec certitude ou même reste indéterminé. Dans ce cas, dont plusieurs exemples vont être donnés plus loin, la nature épigène peut être mise en évidence par le préfixe *épi*, précédant le nom de la roche normale la plus rapprochée, au point de vue minéralogique, de la composition *actuelle* de la roche étudiée (*épisyénite*).

J'arrive aux roches pyrénéennes et je m'occuperai tout d'abord de celles qui sont relativement intactes.

Syénites néphéliniques. — J'ai signalé autrefois à Fitou l'existence d'une syénite néphélinique à ægyrine (analyse 1); elle est accompagnée d'une microsyénite de même composition (forme de bordure ou filon); cette syénite présente localement une altération intense, laissant intacts les feldspaths (microperthite d'orthose et d'albite) et par suite la structure foyaïtique, mais faisant disparaître les métasilicates et les feldspathoïdes dont la place est occupée par une grande quantité de muscovite. Il en résulte une *métasyénite* qui permet d'interpréter l'origine d'une roche ayant à peu près la même composition et la même structure, que j'ai observée au village d'Ossen, au sud-sud-ouest de Lourdes; elle renferme (analyse 4) 10 pour 100 d'alumine non feldspathisable et 6,3 de silice libre.

Monzonite néphélinique. — La roche de la Sablière de Pouzac, décrite antérieurement sous le nom de *syénite néphélinique* [2], doit à sa richesse en plagioclase (andésine) d'être considérée comme une monzonite néphélinique. Ses métasilicates (hornblende barkévicitique et augite) se concentrent localement en ségrégations, à gros grain, apparentées aux bérondrites dont il va être question plus loin. La monzo-

[1] *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 637.
[2] A. Lacroix, *Bull. Soc. géol.*, t. 18, 1890, p. 511.

nite de Pouzac est remarquable par l'abondance et la variété des produits d'altération des feldspathoïdes (mésotype, grossulaire, etc.) dont la présence ne masque pas cependant le caractère magmatique de la roche (analyse 2). Il existe dans ce gisement, comme forme de bordure ou à l'état de filon, une sorte de bostonite (analyse 3) qui présente la même altération micacée que les syénites de Fitou.

Picrites. — A 1^km, au nord-est d'Adé (Basses-Pyrénées) se trouve, dans le Cénomanien (M. Carez), un gros dyke d'une picrite formée par des cristaux automorphes d'olivine englobés pœcilitiquement par de grandes plages xénomorphes de pyroxène, d'amphibole brune et de biotite. Il existe çà et là un peu de bytownite (en voie de transformation en grossulaire) enveloppée ophitiquement par les minéraux colorés ou remplissant leurs intervalles (analyse 10).

Les roches suivantes présentent l'un ou l'autre des cas de transformation définis plus haut.

Parabérondrites et teschénites. — La route de Saint-Christau à Arudy, les environs de Herrere, etc., présentent de nombreux dykes de roches à grain fin ou à grain moyen, caractérisées par l'abondance de longues baguettes de hornblende barkévicitique d'un noir éclatant, brune en lames minces. L'examen microscopique y montre, en outre, de l'apatite, de l'augite titanifère, de l'ilménite, du sphène, du labrador et de l'orthose sodique; la structure oscille entre la grenue et l'intersertale.

Les intervalles existant entre les feldspaths sont remplis par de l'analcime, de la prehnite, qui envahissent aussi les feldspaths. Il n'existe pas de néphéline, mais l'analogie minéralogique et chimique (analyse 8) de ces roches avec les bérondrites de Madagascar est telle, qu'il n'y a pas de raison de douter de leur identité.

Il faut considérer maintenant des types nettement ophitiques (vallée de Castet, environs de Rebenacq, etc.) qui ont été pris pour des ophites normales dont elles se distinguent cependant par la nature titanifère de leur pyroxène qui en outre n'est pas ouralitisé, par la présence d'un peu de hornblende barkévicitique et plus rarement de biotite, moulant les plagioclases associés parfois à de l'orthose sodique, par l'existence d'analcime [1] qui remplit les intervalles des feldspaths entre-croisés et les épigénise, enfin, par le développement très fréquent d'albite secondaire qui se substitue progressivement au labrador à partir de leur périphérie et pointe parfois en cristaux distincts et limpides dans des cavités miarolitiques (Butte d'Oyen; Belair). Je n'ai pu trouver d'échantillons de ces roches assez frais pour une analyse, mais leur composition chimique est certainement très analogue, sinon identique à celle des parabérondrites dont elles constituent seulement une variété structurelle et minéralogique. Elles doivent être assimilées aux teschénites dans le sens indiqué dans une Note précédente.

Métabérondrites. — La picrite d'Adé est traversée par des filonnets de quelques décimètres d'épaisseur d'une roche ayant le même aspect extérieur que les parabéron-

---

(1) Dans les cavités et les fentes d'une roche microlitique entièrement albitisée des environs d'Arudy se trouvent des trapézoèdres d'analcime pseudomorphisée en albite et prehnite.

drites de Saint-Christau, mais les baguettes de hornblende sont moins abondantes et atteignent 4cm de longueur; elles se transforment sur leurs bords en une amphibole incolore; les minéraux blancs originels sont entièrement détruits et remplacés par des minéraux différents dans les diverses parties d'un même filon; ici, ce sont de grandes plages d'albite, associées à un peu de grenat et de prehnite; là, exclusivement du grossulaire et de la prehnite, avec une chlorite cyptocristalline. Les analyses 6 et 7 soulignent les différences de ces deux modalités minéralogiques qui sont une conséquence de compositions chimiques, acquises, si radicalement différentes. Le type presque dépourvu d'alcalis et par suite d'albite, mais riche en grossulaire et en prehnite et par suite en chaux, a le grand intérêt d'indiquer quelle origine il faut attribuer à des roches essentiellement formées par du diallage, du grossulaire, avec ou sans prehnite, qui ont été trouvées en filons dans la serpentine de harzburgite des Monts Dun en Nouvelle-Zélande et qui ont été considérées comme un type nouveau de roche éruptive auquel a été donné le nom de *rodingite* (1).

Une métabérondrite analogue, mais dont la hornblende elle-même est altérée, se trouve à Bourg (Hautes-Pyrénées).

Épisyénites. — Je pense, mais sans pouvoir le démontrer, que c'est à un type du même groupe que le précédent qu'il faut rapporter une roche de grain variable, en filons dans les calcschistes aptiens (M. Carez) d'Ossen; cette roche est elle-même traversée par des filonnets de la métasyénite à muscovite décrite plus haut. Au-dessus du village, la roche est à gros éléments de hornblende et de biotite automorphes. L'examen microscopique montre l'abondance de l'apatite et de grandes plages d'albite maclées suivant les lois de l'albite et de la péricline; la hornblende brune est faculée d'amphibole incolore. La composition chimique (analyse 9) conduit à une formule magmatique faisant penser que la roche a subi des modifications chimiques assez profondes. Cette même roche envoie des apophyses à grain fin et à structure microlitique dans les calcschistes qui, sur quelques mètres d'épaisseur, sont marmorisés et chargés de cristaux d'idocrase, de grenat, d'albite, de zoisite. C'est là une forme de métamorphisme qui rappelle celle des contacts de granite et non pas celle des ophites.

Enfin, il me reste à signaler à Arrodets (Hautes-Pyrénées), un très gros dyke d'une *épisyénite*, essentiellement constituée par une microperthite d'orthose et d'albite, d'un gris bleuâtre, dont les cristaux enchevêtrés sont entourés par de l'épidote jaune paille (33 pour 100; analyse 5). La composition virtuelle est celle [I (II). 5.'3. 3 (4)] d'une diorite orthosique renfermant de l'andésine à 41 pour 100 d'anorthite. Il n'est pas possible de préciser la nature exacte de la roche originelle.

Analyses, par M. Raoult et par M. Boiteau (B). — 1. *Syénite néphélinique*, Fitou, I.(5)6.(1)2.4; 2. *Monzonite néphélinique*, Pouzac, I'.6(7).2.4; 3. *Bostonite*, Pouzac, I.5'.2.4 (B); 4. *Métasyénite* (à muscovite), Ossen, I'.'5.1.4; 5. *Épisyénite à épidote,* Arrodets, I(II).5.'3.3(4); 6. *Métabérondrite*, Adé, II.5.3.5 (type albitique); 7. *Ibid.*, III(IV).5'.'5.'5 (type

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 20. — *New Zealand Bull. geol. Survey*, t. 12, 1911, p. 33.

sans albite); 8. *Parabérondrite*, route de Saint-Christau, II(III).'6.3.4; 9. *Épisyénite amphibolique et micacée*, Ossen, III.7.3(4).3; 10. *Picrite*, Adé, III(IV)[5.'4.4-5]. 1'.(4)(5).2.(1)2.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
SiO^2	55,56	50,50	61,59	58,40	55,50	51,56	41,50	44,12	41,10	41,60
Al^2O^3	23,60	24,65	23,61	24,61	21,63	19,06	14,40	18,04	14,33	10,03
Fe^2O^3	1,26	1,90	0,41	1,09	3,18	1,48	1,29	2,00	0,52	2,86
FeO	0,98	1,80	0,30	0,85	0,65	4,91	5,68	7,75	8,14	8,11
MgO	0,08	0,39	0,42	0,52	0,11	3,91	5,88	5,72	14,01	24,76
CaO	1,74	3,90	2,11	1,30	8,22	9,40	24,10	9,94	11,60	5,70
Na^2O	7,73	8,42	7,40	6,61	4,65	5,35	0,56	3,45	1,76	1,59
K^2O	4,86	5,32	2,82	3,03	4,42	0,57	0,11	2,35	2,68	0,49
TiO^2	0,26	0,85	0,44	1,96	0,19	1,67	3,99	3,33	2,55	0,60
P^2O^5	0,07	0,10	0,18	0,34	0,50	0,08	0,71	0,52	0,65	0,14
H^2O +	3,17	2,02	1,35	1,21	0,56	1,83	1,72	2,64	2,85	3,95
H^2O −	0.45	0,10	0,11	0,07	0,06	0.09	0,18	0,24	0,25	0,45
	99,76	99,95	100,74	99,99	99,87	99,91	100,12	100,10	100,44	100,28

Les transformations qui viennent d'être décrites et qui ont enlevé à plusieurs de ces roches pyrénéennes une partie de leurs caractéristiques chimiques originelles ne permettent pas de discuter par le menu leurs relations magmatiques, ni la parenté qu'elles présentent avec celles d'autres centres éruptifs; quelques analogies (en outre de celles existant avec les roches de Madagascar auxquelles il a été fait allusion plus haut) ne peuvent cependant pas être passées sous silence. Certaines d'entre elles sont à comparer aux filons basiques traversant le Crétacé de la région de Lisbonne, qui en moyenne sont moins altérées; on y rencontre, en effet, des teschénites de types variés et des roches à néphéline intacte (bérondrites, lusciadites, etc.). Une autre comparaison s'impose avec la série des intrusions carbonifères de l'Ecosse (Glascow, Ayrshire, Midlothian); là encore abondent des teschénites et se trouvent des roches apparentées aux bérondrites, aux essexites et aussi des picrites semblables à celles d'Adé.

ASTRONOMIE. — *Les élèves de l'Observatoire du Collège de France. Les Observatoires de l'École militaire.* Note (1) de M. G. **Bigourdan.**

Élèves. — On a reproché à Lalande divers défauts; mais on ne peut mettre en doute son zèle ardent pour l'Astronomie; il sut, notamment,

(1) Séance du 15 mars 1920.

grouper autour de sa chaire et intéresser des élèves nombreux, dont quelques-uns portèrent au loin le bon renom de l'Astronomie française. D'ailleurs il affectionnait profondément aussi ce Collége Royal où il enseignait, et il a exalté son rôle dans le développement de l'Astronomie : de toutes les écoles du monde, c'est, dit-il (*Astr.*, I, p. xxvij), celle qui a été la plus utile aux sciences, surtout à l'Astronomie, et « il en est sorti des astronomes pour tous les pays du monde ».

Nous connaissons les élèves de Delisle; ajoutons-y ceux plus nombreux de Lalande, qui les recevait aussi à sa table comme pensionnaires :

Un des premiers fut *P.-A. Véron* (¹) (1738-1770), qui « a occasionné dans la marine de France une révolution importante, en y introduisant l'usage d'observer les longitudes en mer par le moyen de la Lune ».

Parmi les autres, passons Dagelet et Le François dont nous avons indiqué les observations jusqu'en 1777 et 1789 respectivement, pour citer l'abbé *Briquet* et *Prévost* que nous rencontrons une seule fois en 1776. *Charles* (²) fait un assez grand nombre d'observations courantes de mars à août 1777 (C.5, 5, p. 119-184); puis c'est *Méchain*, « astronome du dépôt de la marine », qui s'exerce au Collége de France du 5 avril au 23 juin 1778, (C.5, 5, p. 189-214), et dont quelques observations accidentelles d'alors sont rapportées par Messier dans la *Connaissance des Temps*.

Lefèvre y travailla plus longtemps, mais nous n'avons qu'une partie de ses observations, celles de 1778 juillet 29 à 1779 janvier 23, qui terminent le registre C.5, 5, p. 216-289 (haut. corresp. ☉, taches ☉, sat. ♃, ...); mais « tout le registre suivant, fini au mois d'août 1780 » qui était de lui, nous manque.

En septembre 1782, *Jean-René* Lévêque ou Lévesque observait Uranus au Collége Royal, avec une lunette de 3pi½ (*Mém. Acad.*, 1779, p. 544, et Lalande, *Bibliogr.*, p. 571).

Harmand ne paraît qu'une fois, le 7 mars 1784, à l'occasion d'une éclipse de Lune qu'il observe « avec la lunette horizontale de l'octant ».

(¹) Voir son Eloge dans le *Nécrologe* de 1774, p. 115-127, ou mieux dans J. Bernoulli (*N. Litt.*, I, 28-34).

(²) C'est évidemment cet « habile professeur de mathématiques », *Jacques* Charles (Cluny — † 1791 août 22) dont parle Lalande (*Mém. Acad.*, 1778, p. 410) et dont l'Académie des Sciences accueillit d'abord divers Mémoires pour les *Sav. Etr.* Il fut ensuite élu associé géomètre de cette Académie le 11 mai 1785. On le confond parfois avec le physicien *Charles* (voir *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1870, p. 504, et aussi p. 239-240).

Beaublé commence de s'exercer en novembre 1786, et ne quitte l'Observatoire qu'en 1788; mais nous n'avons pas ses observations.

En 1789, Lalande (*Bibliogr.*, p. 687) ne compte pas moins de sept élèves, qui depuis un an sont partis du Collége de France. Ce sont, dit-il :

Hanna, missionnaire de Saint-Lazare, qui partit pour la Chine, où il mourut en 1800;

Barry et *Henry* (1), de la même congrégation, qui allèrent à l'observatoire de Mannheim, et y firent des observations, publiées il y a quelques années seulement;

Pierre *Ungeschick*, aussi de la même congrégation, qui fut le premier aide de Le François pour ses observations d'étoiles de l'École militaire;

Eisenmann, de l'abbaye de Prémontré;

Piazzi, Théatin, le plus illustre de tous ces élèves, s'exerça sous la direction de Lalande à partir du 28 janvier 1787;

Duc-la-Chapelle, qui fonda peu après, dans sa ville natale, l'observatoire de Montauban.

Ensuite, presque tous les élèves observent à l'École militaire, et surtout y remplissent le rôle d'assistant de Le François; ce sont, après Ungeschick, *Maréchaux*, en 1790; — Paul de *Passerat* (1791-1793); — *Lesne* (1792-1793), qui était un autre neveu de Lalande, et qui mourut en 1793; — *Dunot*, un instant (1793); — Mme *Le François* (1793-1795); — *Harlay* (1793-1794); — *Mignon* (1795); — F. de *Bissy* (1795-1798); — *Catilon* (1798); — *Giroult* (1801); — *Burckhardt*, arrivé à Paris le 15 décembre 1797.

En dehors de ces assistants de l'École militaire, pour certains desquels Lalande obtint des gratifications à défaut de traitements, nous rencontrons encore *Maraldi IV* en 1797 et *Cassini V* en 1798, mais l'un et l'autre abandonnent presque aussitôt l'Astronomie; puis *Ciccolini*, qui travaille deux ans au Collége de France, à partir de 1799; et peut-être faut-il y joindre *Philippidès* (1794) et *Venturi*.

Observatoires de l'École militaire. — La plupart des derniers élèves que nous

---

(1) *Maurice* Henry (Sauvigny, près de Toul, 1763 mai 30 — † 1825), missionnaire de Saint-Lazare, vient loger chez Lalande le 4 septembre 1788, y reste 40 mois, séjourne ensuite à Mannheim de 1790 à juin 1794. Considéré comme émigré, il se rend en 1795 à Saint-Pétersbourg dont il dirige quelque temps l'observatoire, jusqu'à 1800. Rentré en France, il travaille en 1801 à la carte de la Bavière et dans la suite paraît s'être occupé uniquement de travaux géodésiques.

venons d'énumérer appartiennent bien moins à l'Observatoire du Collége de France qu'à celui qui fut le troisième établi à l'École militaire.

Il y a eu, en effet, successivement à cette École trois observatoires qui dépendaient de la chaire de Mathématiques, et dont j'ai parlé ailleurs en détail (1).

Le premier fut fondé par Jeaurat en 1760.

Le second, qui en 1769 le remplaça, est celui où travailla Dagelet (1777-1785) : Lalande sut obtenir pour son élève les meilleurs instruments méridiens de l'époque, et Dagelet les utilisa pour faire les observations d'étoiles qui ont donné le catalogue auquel son nom reste attaché. Cet observatoire fut démoli en 1786 et remplacé par le suivant.

Le troisième fut terminé en 1788, et Lalande neveu y détermina d'abord (1789-1791) les étoiles circompolaires qui forment le catalogue dit de Fédorenko, puis (1791-1801) celles qui forment le catalogue de Lalande, un des travaux qui honorent le plus l'Astronomie française. C'est dans ce dernier travail que Le François eut pour aides la plupart des élèves que nous avons cités, à partir de P. Ungeschick.

Voici les données dont nous disposons relativement aux coordonnées de ces trois observatoires :

Premier. — Jeaurat donne (*Mém. Acad.*, 1763, p. 255): $\Delta\mathcal{L} = 1199^{\mathrm{T}}$ ($2336^{\mathrm{m}},9$) O ; $\Delta\varphi = 868^{\mathrm{T}}$ ($1691^{\mathrm{m}},8$) N. Mais nous avons montré (*Bull. astr.*, 4) que ce n'est là qu'une approximation assez grossière. D'après le plan que nous donnons là, reporté sur celui de Paris à $\frac{1}{5000}$, nous adoptons ces valeurs légèrement hypothétiques : $\Delta\mathcal{L} = 2302^{\mathrm{m}}$ O, $\Delta\varphi = 1705^{\mathrm{m}}$ N.

Second. — La liste T_2 le rapporte au dôme de l'École (n° 31) et le place à $52^{\mathrm{T}},8$ ($102^{\mathrm{m}},9$) E et $112^{\mathrm{T}},5$ ($219^{\mathrm{m}},3$) S. Pour le dôme elle donne $1247^{\mathrm{T}},6$ ($2431^{\mathrm{m}},6$) O et $921^{\mathrm{T}},1$ ($1795^{\mathrm{m}},3$); et en conséquence pour l'observatoire : $\Delta\mathcal{L} = 1194^{\mathrm{T}},8$ ($2328^{\mathrm{m}},7$) O et $\Delta\varphi = 808^{\mathrm{T}},6$ ($1576^{\mathrm{m}},0$) N.

Mais les coordonnées du dôme paraissent peu exactes, car T_2 et T_{1896} (2) donnent respectivement : $1248^{\mathrm{T}},9$ ($2434^{\mathrm{m}},15$) et $2432^{\mathrm{m}},95$ O ; — $925^{\mathrm{T}},8$ ($1804^{\mathrm{m}},42$) et $1805^{\mathrm{m}},07$ N. Nous adoptons les valeurs de T_{1896} pour le dôme, avec les différences de T_2 entre le dôme et le second observatoire.

(1) *Bulletin astronomique*, t. 4, 1887, p. 497-504, et t. 5, 1888, p. 30-40.

(2) Nous appelons T_{1896} la Table des coordonnées $\Delta\mathcal{L}$ et $\Delta\varphi$ qui résultent de la dernière triangulation de Paris, et qui sont inscrites sur les marges d'un plan officiel de cette triangulation. Ce plan porte en titre : *Canevas trigonométrique du plan de Paris*, et en bas la date du 1er mai 1896.

Troisième. — D'après Lalande (*Mém. Acad.*, 1789, p. 189), par rapport au second, il était 15^T ($29^m,2$) à l'Ouest et 17^T ($33^m,1$) au Nord. De là et des coordonnées que nous adoptons pour le second, résultent celles de ce troisième observatoire. Nous avons ainsi, comme coordonnées de ces trois observatoires :

1.	$\Delta\mathfrak{L} = 2302^m,0 = 1'.52'',93 = 0^m.7,529$ O	$\Delta\varphi = 1705^m,0 = 0'.55'',20$ N	$\varphi = 48^\circ.51'.6'',20$
2.	$2330,0 = 1.54,31 = 0.7,620$	$1585,8 = 0.51,34$	$48.51.2,44$
3.	$2359,2 = 1.55,74 = 0.7,716$	$1618,9 = 0.52,41$	$48.51.3,51$

NAVIGATION. — *Expressions générales de la résistance de l'eau à la marche des navires flottant à l'air libre et de la longueur d'onde de leur houle satellite.* Note de M. **F.-E. Fournier**.

1. En maintenant les notations adoptées dans ma Note précédente, soient : U le volume d'une carène flottant à l'air libre, de forme usuelle, *mais sans partie cylindrique*, et dont la surface immergée Σ a son maître-couple, de largeur principale l et de profondeur p, placé à la distance δ de l'avant de son plan de flottaison, de longueur L ; i l'*incidence d'attaque effective* de sa proue, c'est-à-dire la moyenne des incidences latérales maxima de ses *lignes d'eau* parallèles à son plan de flottaison, depuis ce plan jusqu'à la quille ; $i' = 10^\circ 39' 40''$ une valeur critique de i dont le *sinus* est égal à la *constante générale* $\sin i' = 0,185$, dépendant de la viscosité de l'eau ; R *la résistance totale* de la masse liquide à la translation de la surface Σ à la vitesse v, en mètres par seconde ; w la vitesse dont la propriété caractéristique est d'amener sur le *contour du maître-couple le point le plus bas du premier creux ondulatoire* au-dessous de l'horizon, le plus profond de la houle satellite du navire ; l'expression générale de w étant

$$(1)\qquad \frac{w}{\sqrt{2\delta}} = 0,81272\left(\frac{l^3}{\mathrm{U}}\right)^{0,17963}\left[1 - 0,3484\left(\frac{l^3}{\mathrm{U}}\right)^{0,1839}\left(3,176 - \frac{l}{p}\right)\left(1,9 - \frac{l}{p}\right)\right] \text{ (}^1\text{)}.$$

2. M'étant proposé de rechercher, expérimentalement, comment varie, avec la vitesse v, croissant de 0 à ∞, le rapport

$$(2)\qquad \psi = \frac{\mathrm{R}}{\frac{\varpi}{2g}\cdot f\cdot \Sigma v^2},$$

(1) Cette formule doit remplacer celle de la Note précédente.

c'est-à-dire le *coefficient* de la *résistance des formes* de la surface Σ *à sa translation*, à l'air libre, j'ai calculé, dans ce but, ses valeurs, au moyen des mesures correspondantes de R et de v, déduites par les soins éclairés du Service technique de nos constructions navales, de ses propres observations, dans son bassin d'essais de Paris approprié à cet usage, sur des modèles de carènes de tous les types de haut-bord et de flottilles, et j'ai tiré, de cette analyse expérimentale, les conclusions résumées sommairement dans cette Note.

3. Pendant que v croît, de $v = 0$ à $v = \infty$, ψ suit, dans ses variations relatives, des régimes très différents : selon que $\frac{v}{w} < 1$ ou $\frac{v}{w} > 1$; et, dans le second cas, selon que $i \geqq i'$ ou $i < i'$.

Aux vitesses moindres que w, ψ subit une oscillation complète de part et d'autre de sa valeur initiale, $\psi(0) = 1$, en prenant des valeurs *plus grandes* que 1, de la vitesse $v = 0$ à la vitesse $v = v_0$ liée à w par la relation générale

$$(3) \qquad \frac{v_0}{w} = 0,76868\left[1 - \frac{l^3}{U}\right]^{0,33682}\left[1 + 1,0566\left(3,176 - \frac{l}{p}\right)\left(1,9 - \frac{l}{p}\right)\right].$$

Dans cette phase initiale, ψ franchit son *maximum relatif*, à la vitesse $v_1 = \frac{v_0^2}{w}$, et prend ensuite, de $v = v_0$ à $v = w$, des valeurs moindres que 1, dont la *plus petite*, ψ_m, non seulement, de $v = 0$ à $v = w$, mais aussi à toutes les autres vitesses plus grandes que w, a pour expression

$$(4) \qquad \psi_m = 0,7889 + \frac{\sin i(\sin i - \sin i')}{0,14249}\left[1 - \frac{\left(0,38238 - \frac{l^2}{Lp}\right)\left(0,1882 - \frac{l^2}{Lp}\right)}{0,093261}\right],$$

et est atteinte, à la vitesse v_m, liée à v_0 et à w, par la relation générale

$$(5) \qquad \frac{\log v_m - \log v_0}{\log w - \log v_0} = \frac{\log 3 - \log 2}{\log 2}.$$

4. *Aux vitesses plus grandes que* w, ce coefficient ψ augmente en effet : soit, *progressivement* et *indéfiniment*, de $\psi(w) = 1$ vers $\psi(\infty) = \infty$, sur les carènes où $i \geqq i'$, à mesure que $\frac{v}{w}$ croît de 1 à ∞; soit, au contraire, de *moins en moins*, sur les carènes où $i < i'$, jusqu'à son *maximum absolu*, atteint à la vitesse $v_2 = 2w$, d'où il diminue ensuite, *indéfiniment*, vers sa limite asymptotique dont le *minimum*, d'après ma Note précédente, le réduit à la limite

$\psi(\infty) = 1$, sur la carène, de *moindre résistance, par ses formes*, à sa translation.

5. Ainsi, l'*aptitude à la vitesse* des formes usuelles d'une carène flottant à l'air libre, dont les éléments déterminatifs à cet égard sont $\sin i$, et le rapport $\frac{l^2}{Lp}$, a pour mesure effective le coefficient ψ_m donné par la formule (4); et la carène, de *moindre résistance, par ses formes*, à sa translation, est, en conséquence, celle où ces deux éléments déterminatifs réduisent ce coefficient à son *minimum*, en y satisfaisant à ses deux équations de condition

$$\sin i_m = \frac{1}{2} \sin i' \quad \text{et} \quad \frac{l^2}{L_m p} = 0,2853. \tag{6}$$

6. De ces considérations, il ressort, entre autres, cette importante conclusion : Pour effectuer le tracé de cette carène revêtant les *formes les plus favorables à la vitesse*, il suffit d'y donner à l'incidence d'attaque effective i, de la proue, et à la longueur L, du plan de flottaison, leurs *valeurs optima* respectives

$$i_m = 5^\circ 18' 30'' \quad \text{et} \quad L_m = \left(\frac{1}{0,2853}\right) \frac{l^2}{p}, \tag{7}$$

déduites de ces deux équations (6).

Par exemple, pour doter le contre-torpilleur *Boutefeu* qui était, à l'époque de ses essais, la plus rapide des unités de notre marine, des *formes de moindre résistance à sa translation*, *compatibles* avec la largeur principale $l = 7^m,55$, et la profondeur $p = 2^m,525$, de son maître-couple placé, suivant l'usage, à son milieu, il aurait suffi de diminuer l'incidence d'attaque effective de sa proue, de sa valeur $6^\circ 26'$ à $i_m = 5^\circ 18' 30''$, et d'augmenter la longueur de son plan de flottaison, de sa valeur $L = 76^m,4$ à $L_m = 79^\circ 13$.

On voit, par cet exemple, combien l'expression (4) de ψ_m peut être utile aux ingénieurs et aux marins, en leur donnant le moyen, qui leur a manqué jusqu'ici, de *contrôler la valeur relative des formes des carènes*, au point de vue de *leur aptitude à la vitesse*, de la façon la plus simple.

7. Cet aperçu d'ensemble des trois modes de variations différentes de ψ, à toutes les vitesses, de $v = 0$ à $v = \infty$, sur les carènes de formes usuelles, est confirmé par les expressions suivantes que j'ai déduites des observations.

Premier cas $\left[\frac{v}{w} < 1,\ i \gtrless i',\ \theta = 0\right]$:

(9) $$\psi = 1 + (1 - \psi_m)\sin\pi\left(\frac{v}{v_0}\right)^n \left\{1 - M\left[1 + \sin\pi\left(\frac{v}{v_0}\right)^n\right] + N\left[1 + \sin\pi\left(\frac{v}{v_0}\right)^n\right]^2\right\}$$

avec

$$n = \frac{\log 2}{\log w - \log v_0}, \qquad M = \left[3,0857\,\frac{l^2}{Lp}\right]^{2,832}, \qquad N = \left[3,9044\,\frac{l^2}{Lp}\right]^{4,0564}.$$

Deuxième cas $\left[\frac{v}{w} > 1,\ i \geqq i',\ \theta = 0\right]$:

(10) $$\psi_1 = \left(\frac{v}{w}\right)^{\left\{a_1 \frac{v^2}{w^2}\left[1 - 2,3642\,\frac{w}{v} + 1,6228\,\frac{w^2}{v^2}\right]\right\}\sqrt{\frac{\sin i - \sin i'}{0,07242}}}$$

avec

$$a_1 = 49,758\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^{1,3239}.$$

Troisième cas $\left[\frac{v}{w} > 1,\ i < i',\ \theta > 0\right]$:

(11) $$\psi_2 = \left(\frac{v}{w}\right)^{\left(a_2\left(\frac{w}{v}\right)^{\frac{\log e}{\log 2}}\left\{1 - b_2\left[\sin\pi\,\frac{w}{v}\left(1 - \sin\pi\,\frac{w}{v}\right)\right]^{1,35}\right\}\right)\sqrt{\frac{\sin i(\sin i' - \sin i)}{0,008174}}}$$

avec

$$a_2 = 7,9304\left(\frac{l^2}{Lp}\right)^{1,0303}, \qquad b_2 = 43,9945\left(1 - 2,391\,\frac{l^2}{Lp}\right).$$

Cas intermédiaire à ψ_1 *et* ψ_2 $\left[\frac{v}{w} > 1,\ i = i',\ \theta = 0\right]$:

(12) $$\psi_1' = \frac{v}{w}.$$

8. Ce sont ces expressions de ψ qui permettent d'en tirer, selon le cas, les valeurs correspondantes de R au moyen de l'équation fondamentale

(13) $$R = \frac{\varpi}{2g} f \Sigma v^2 \psi,$$

à la condition de déduire, des données U, δ, l, p, résultant de l'avant-projet de la carène en question, la mesure de la surface immergée Σ.

J'ai reconnu que, pour cela, il suffit d'employer, sur les carènes de formes usuelles *mais sans partie cylindrique*, la formule

(14) $$\Sigma = \left(\frac{U}{l}\right)\left(1 + \frac{l^3}{U}\right)^{0,49444} \frac{4,4743}{1 + 0,603\left(\frac{\pi}{12}\,\frac{l^3}{U}\right)^6}$$
$$\times\left[1 - 2,41984\left(1 - 1,3169\,\frac{l^3}{U}\right)\left(3,176 - \frac{l}{p}\right)\left(1,9 - \frac{l}{p}\right)\right],$$

dans laquelle le dénominateur se réduit à 1, avec l'affinement habituel des carènes en usage, et dont l'avantage est d'être générale, c'est-à-dire applicable encore à la carène *la moins affinée* qui revêtirait la forme, de convexité maximum, d'une *cuvette hémisphérique*, de rayon p, caractérisée par la relation $\frac{\pi}{12}\frac{l^3}{U} = 1$.

9. On n'a donné jusqu'ici aucune expression de la longueur d'onde λ, de la houle satellite des navires en marche, de formes usuelles, flottant à l'air libre, où elle est cependant intimement liée aux valeurs correspondantes du coefficient ψ de la *résistance des formes* des carènes à leur translation, dont résulte cette houle.

Les considérations exposées dans ma Note précédente m'ont conduit à combler cette lacune, en attribuant à l'expression de λ, en fonction de $\frac{v}{w}$ et de ψ, le type général

$$\lambda = \frac{2\delta}{\psi}\,\frac{\frac{4}{3}\frac{v^2}{w^2}}{1+\frac{v^2}{w^2}\left(1+\frac{2\sin\theta}{3\sin i'}\right)}, \tag{15}$$

se décomposant en quatre types distincts :

$$\lambda = \frac{2\delta}{\psi}\,\frac{\frac{4}{3}\frac{v^2}{w^2}}{1+\frac{v^2}{w^2}}, \qquad \text{pour } \left[\frac{v}{w}<1,\quad i \lessgtr i',\quad \theta=0\right], \tag{16}$$

$$\lambda_1 = \frac{2\delta}{\psi_1}\,\frac{\frac{4}{3}\frac{v^2}{w^2}}{1+\frac{v^2}{w^2}}, \qquad \text{pour } \left[\frac{v}{w}>1,\quad i \gtreqless i',\quad \theta=0\right], \tag{17}$$

$$\lambda'_1 = \frac{2\delta}{\psi'_1}\,\frac{\frac{4}{3}\frac{v^2}{w^2}}{1+\frac{v^2}{w^2}}, \qquad \text{pour } \left[\frac{v}{w}>1,\quad i = i',\quad \theta=0\right], \tag{18}$$

$$\lambda_2 = \frac{2\delta}{\psi_2}\,\frac{\frac{4}{3}\frac{v^2}{w^2}}{1+\frac{v^2}{w^2}\left(1+\frac{2\sin\theta}{3\sin i'}\right)} \left\{ \begin{array}{l} \text{pour } \left[\frac{v}{w}>1,\quad i<i',\quad \theta>0\right] \\ \text{et} \\ \sin\theta = \sin\left(\frac{\pi}{2\sqrt{2}}\right)\sqrt{\left(1-\frac{w^2}{v^2}\right)[\sin i(\sin i'-\sin i)]}. \end{array}\right. \tag{19}$$

10. *D'une part*, en effet, les quatre modes de variations relatives de λ, qui lui sont assignés par ces équations, pendant que $\frac{v}{w}$ croît, de 0 à 1, et ψ,

de $\psi(o) = 1$ à $\psi(w) = 1$, sur toutes les carènes indistinctement, satisfont à leurs limites communes, conformes aux observations et à la définition même de w :

$$(20)\qquad \begin{cases} \lambda(o) = \lambda_1(o) = \lambda'_1(o) = \lambda_2(o) = o & \text{pour } v = o; \\ \lambda(w) = \lambda_1(w) = \lambda'_1(w) = \lambda_2(w) = \frac{4}{3}\delta & \text{pour } v = w. \end{cases}$$

D'autre part, les équations (17) et (18) montrent que, conformément aux observations, pendant que $\frac{v}{w}$ croît de 1 à ∞, et ψ_1 et ψ'_1, de $\psi_1(w) = \psi'_1(w) = 1$ à $\psi_1(\infty) = \psi'_1(\infty) = \infty$, λ_1 et λ'_1 ayant atteint leurs *maxima* à la vitesse w, diminuent ensuite, en conséquence, de $\lambda_1(w) = \lambda'_1(w) = \frac{4}{3}\delta$, vers leurs limites asymptotiques communes $\lambda_1(\infty) = \lambda'_1(\infty) = o$.

L'équation (18) notamment, qui se réduit à

$$(21)\qquad \lambda'_1 = 2\delta \frac{\frac{4}{3}\frac{v}{w}}{1 + \frac{v^2}{w^2}},$$

puisque $\psi'_1 = \frac{v}{w}$, sur les carènes où $i = i'$, montre en effet directement que, à cette limite de transition entre les carènes où $\theta = o$ et celles où $\theta > o$, le *maximum* de λ'_1 est encore atteint sur les premières à la vitesse $v = w$.

Enfin, l'équation (19) montre que, conformément aux observations, pendant que $\frac{v}{w}$ croît de 1 à ∞, λ_2 continue au contraire à augmenter de $\lambda_2(w) = \frac{4}{3}\delta$ vers sa limite asymptotique *maximum*, $\lambda_2(\infty) = 2\delta$, ainsi que ψ_2 et $\sin\theta$, de $\psi_2(w) = 1$ et $\sin\theta_w = o$, vers leurs limites asymptotiques respectives. $\psi_2(\infty) = 1$ et $\sin\theta_\infty = \sin\left(\frac{\pi}{2\sqrt{2}}\right)\sqrt{\sin i(\sin i' - \sin i)}$, dont le *maximum* est $\sin\theta_\infty = \frac{1}{2}\sin i'$ sur la carène de *moindre résistance par ses formes* à sa translation.

11. *Nota.* — Les considérations et les formules entièrement nouvelles de cette Note et de la précédente *complètent et rectifient* celles de mes recherches antérieures, se ressentant nécessairement de tâtonnements inévitables sur un sujet aussi complexe ; car il comportait, on le voit, d'après cette analyse expérimentale, non pas un problème unique à résoudre, ainsi qu'on a pu le croire, mais trois problèmes différents échappant également, par leurs natures, aux solutions purement théoriques, ou simplement empiriques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de la diméthylcyclohexanone obtenue par méthylation de l'α-méthylcyclohexanone sodée.* Note de MM. **A. Haller** et **R. Cornubert.**

Dans une étude commencée en 1913, l'un de nous [1] a appelé l'attention sur le fait que le dérivé diméthylé provenant de l'action de l'iodure de méthyle sur l'α-méthylcyclohexanone, sodée au moyen de l'amidure de sodium pouvait être, ou bien le dérivé αα' ou son isomère dissymétrique ou enfin un mélange des deux. Pour être fixé sur ce point, il a été fait usage de la réaction, imaginée à propos du camphre, qui consiste à traiter le dérivé sodé par de l'aldéhyde benzoïque pour obtenir un dérivé benzylidénique [2]. Cette réaction est devenue depuis, surtout entre les mains de M. Wallach, d'une application générale pour toutes les cétones cycliques renfermant les groupements $-CH^2-CO-CR^2-$ et $-CH^2-CO-CH^2-$.

Quelques grammes de notre diméthylcyclohexanone, préalablement sodée avec de l'éthylate de sodium, nous avait en effet fourni, avec l'aldéhyde benzoïque, un dérivé benzylidénique fondant à 78°, d'où nous avons conclu que notre diméthylcyclohexanone renfermait au moins de petites quantités de composé dissymétrique. Interrompues par la guerre, nos recherches n'ont pu être reprises que depuis quelques mois. Ajoutons qu'entre temps MM. Auwers et Krollpfeiffer [3] ont répété notre préparation et soumis le dérivé obtenu à la même épreuve de l'aldéhyde benzoïque en donnant comme point de fusion, du produit benzylidénique de condensation, 82°-83°. Les rendements en ce produit réalisés par ces auteurs les conduisent à admettre que notre diméthylcyclohexanone est principalement constituée par le diméthylcyclohexanone αα. Toutefois, comme ils ont eu le soin de soumettre, à la même épreuve, de la diméthylcyclohexanone symétrique αα', préparée par une autre voie, et que cet isomère a également fourni des produits de condensation avec l'aldéhyde benzoïque, la question de savoir si le dérivé de substitution diméthylé obtenu par nous n'est pas un mélange des deux isomères reste ouverte.

Quoi qu'il en soit, nous avons repris nos expériences sur de plus grandes quantités de matière et opéré la condensation en présence : 1° d'éthylate de sodium; 2° de méthylate de sodium; 3° d'acide chlorhydrique.

---

(1) A. Haller, *Comptes rendus,* t. 157, 1913, p. 179.
(2) A. Haller, *Comptes rendus,* t. 113, 1891, p. 2226.
(3) K. v. Auwers et F. Krollpfeiffer, *Ber. deut. chem. Ges.*, t. 48, 1915, p. 1226.

Diméthylcyclohexanone. — Obtenue très pure avec un rendement de 46 pour 100 en partant de 300g d'α-méthylcyclohexanone, ce dérivé bout à 170°,5-171° (corr.) à la pression ordinaire. Reprises, ses constantes sont $d_4^{20,5} = 0,9137$; $n_D^{20,5} = 1,4480$; R. M. = 36,92 (calc. 37,00). Elles sont tout à fait identiques à celles données par MM. Auwers et Lange [1], et Meerwein et Unkel [2] pour le dérivé dissymétrique, et par M. Wallach [3], et MM. Auwers et Krollpfeiffer [4] pour le composé symétrique.

Condensation de l'aldéhyde benzoïque avec le dérivé diméthylé en présence de l'éthylate de sodium. — Le mode opératoire employé a été le mode opératoire habituel (durée de contact, 24 heures). Trois essais ont été faits en employant les proportions suivantes :

	I.	II.	III.
Diméthylcyclohexanone....	5g	5g	15g
Aldéhyde benzoïque.......	4,2	4,2	12,6
Sodium..................	0,9	0,9	2,7
Alcool éthylique absolu....	50cm³	50cm³	150cm³

Après lavage, séchage et distillation fractionnée du produit, on a isolé de l'aldéhyde benzoïque et de la cétone (7g,2) non condensées, de la benzylidènediméthylcyclohexanone qui, après purification, fond réellement à 82°-82°,5, et enfin un résidu huileux incristallisable. Les 7g,2 de cétone récupérée ont de nouveau été condensés avec de l'aldéhyde et ont encore fourni du dérivé benzylidénique, de sorte que le rendement en ce dernier dérivé a été de 10g,7, c'est-à-dire de 26 pour 100. Ce rendement se rapproche de celui (24 pour 100) des auteurs allemands. Ajoutons que MM. v. Auwers et Krollpfeiffer ont obtenu le même dérivé fondant à 82° en partant d'une diméthylcyclohexanone αα préparée par une autre voie (*loc. cit.*).

Condensation en présence du méthylate de sodium. — Exécutée dans les mêmes conditions, cette condensation, opérée sur 33g de cétone diméthylée, ne nous a fourni que 11g de produit cristallisé (soit 20 pour 100) à côté de composés huileux et de traces d'un corps presque insoluble dans l'alcool et fondant à 230° en se décomposant.

Condensation effectuée en présence d'acide chlorhydrique. — Le mode opératoire employé a été celui réalisé par M. Martine, dans notre laboratoire, à propos de la benzylidènementhone [5]. Dans un mélange, bien refroidi, de cétone et d'aldéhyde benzoïque, on a fait passer de l'acide chlorhy-

(1) K. v. AUWERS et LANGE, *Ann. der Chemie*, t. 401, 1914, p. 303.
(2) MEERWEIN et UNKEL, *Ibid.*, t. 376, 1910, p. 152.
(3) WALLACH, *Ibid.*, t. 397, 1912, p. 200.
(4) K. v. AUWERS et KROLLPFEIFFER, *Ber. deut. chem. Ges.*, t. 48, 1915, p. 1226.
(5) C. MARTINE, *Ann. Chimie*, 8e série, t. 3, 1904, p. 66.

drique sec jusqu'à saturation. Abandonné pendant 24 heures, ce mélange a pris une couleur rouge, est devenu très visqueux et resté incristallisable. Le produit brut est repris par une solution de carbonate de sodium à 5 pour 100 jusqu'à décoloration, puis traité par de la potasse alcoolique à 10 pour 100, à une température de 50° à 60°, afin de décomposer le dérivé hydrochloré formé.

Cinq opérations ont été faites successivement avec des quantités de cétone diméthylée allant de 40g à 50g chacune, et des poids d'aldéhyde variant de 33g à 42g. Dans les deux premières, les produits inaltérés (cétone et aldéhyde) ont été séparés à la vapeur d'eau, et dans les trois dernières, par distillation fractionnée. Les fractionnements ont donné des portions A passant de 185° à 215° suivant la pression (16mm à 30mm), des fractions B, distillant de 210° à 235° et des portions C passant de 230° à 280° dans les mêmes conditions de pression.

L'examen des portions A a montré qu'elles étaient constituées par de la benzylidènediméthylcyclohexanone fondant à 82°-82°,5 et bouillant à 191°-192° (corr.) sous 20mm et par un liquide visqueux A'.

Les portions B contiennent encore de la benzylidènediméthylcyclohexanone. Les portions C se présentent sous la forme d'une matière ayant tout à fait l'aspect de la colophane : couleur, consistance et cassure nette. De ces portions, par reprise au moyen de l'alcool à 95° bouillant, on sépare des cristaux et un liquide visqueux C'. Ces cristaux repris eux-mêmes par l'alcool en quantité insuffisante pour une dissolution totale ont pu être séparés en cristaux fondant à 117°-118° et en cristaux fondant à 188°-190°.

Les proportions suivant lesquelles ces différents corps se sont formés sont entièrement variables d'un essai à l'autre, ainsi que le montre le Tableau suivant, bien que nous nous soyons toujours placés dans les mêmes conditions (en ramenant tous les essais à 50g de cétone).

	Essais.				
	I.	II.	III.	IV.	V.
	g	g	g	g	g
Benzylidènediméthylcyclohexanone (F. 82°).	29,5	32,5	35,0	36,0	39,0
Produit visqueux A'.	18,0	10,0	12,0	12,0	14,0
Corps fondant à 119°-120° (corr.).	11,5	2,1	4,2	4,7	0,4
Corps fondant à 193°-195° (corr.).	0,6	4,5	4,3	1,0	0,2
Produit visqueux.	3,9	13,0	17,1	8,3	4,0
Rendement en cristaux (F. 82°) (pour 100).	35,0	38	41	42	46

Étude du produit visqueux A'. — De 40g de ce produit, de couleur jaune,

on a pu retirer, après deux fractionnements successifs, une portion de 23g passant de 197°-198° (corr.) sous 28mm. Ce liquide, d'un jaune citron, présente la composition de la benzylidènediméthylcyclohexanone comme le montre l'analyse : C pour 100 = 83,41 ; H pour 100 = 8,39. Or, le dérivé benzylidénique exige : C pour 100 = 84,10 ; H pour 100 = 8,45. Le faible écart entre les chiffres trouvés et ceux calculés tient à ce que le liquide renfermait encore des traces de chlore.

L'existence de cet isomère liquide rappelle les faits mis en lumière par les travaux de M. Bœdtker (1) sur les benzylidènementhones, recherches qui ont révélé l'existence d'une benzylidènementhone liquide à côté des deux isomères solides découverts par M. Martine (2).

Étude du corps fondant vers 117°-118°, $C^{22}H^{24}O^{2}$. — Malgré tous les fractionnements auxquels nous nous sommes livrés, ce corps, sous sa forme la plus pure, suintait à 115°, fondait à 117°-118°, en donnant un liquide pour ainsi dire clair, mais qui ne s'éclaircissait totalement qu'à 123°. Il contient donc un peu de la substance fondant à 188°-189°, ainsi que des traces de chlore. Les chiffres fournis par l'analyse conduisent à la formule $C^{22}H^{24}O^{2}$, ce qui en fait une combinaison d'une molécule de benzylidène-cyclohexanone avec une molécule d'aldéhyde benzoïque :

$$C^{15}H^{18}O + C^{6}H^{5}CHO = C^{22}H^{24}O^{2}.$$

Ce composé est très soluble dans l'alcool chaud, mais à peine dans l'alcool froid.

Étude du corps fondant à 188°-190°. — Ce corps, à peine soluble dans l'alcool même bouillant, se présente sous la forme de petits cristaux blancs qui sont isomères avec le produit 117°-118°. Son analyse a donné des nombres qui conduisent à la formule $C^{22}H^{24}O^{2}$.

Nous avons essayé de faire la synthèse de ces deux corps en effectuant les essais suivants :

1° Une solution de benzylidènediméthylcyclohexanone dans l'éther anhydre additionnée d'une quantité équimoléculaire d'aldéhyde benzoïque, fut saturée d'acide chlorhydrique sec et abandonnée à elle-même. Un traitement approprié a montré qu'il n'y eut aucune condensation.

---

(1) Bœdtker, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, t. 17, 1915, p. 377.

(2) *Loc. cit.*

2° Nous avons mis de la benzoïne en suspension dans du benzène contenant la quantité équimoléculaire de cétone diméthylé et avons saturé le mélange d'acide chlorhydrique sec. Le résultat a encore été négatif.

3° Nous avons enfin cherché à accroître le rendement de ces dérivés en faisant agir 2^{mol} d'aldéhyde sur 1^{mol} de cétone. Cette augmentation d'aldéhyde n'a eu d'autre effet que d'accroître la quantité du produit visqueux C'.

Quoi qu'il en soit, il semble que les deux isomères $C^{22}H^{24}O^2$ représentent des produits de condensation anormale de la diméthylcyclohexanone (1^{mol}) avec l'aldéhyde benzoïque (2^{mol}). Cette condensation est à rapprocher de celles déjà observées par M. Wallach [1] avec certaines terpénones non saturées, comme la menthénone, sous l'influence du même agent de condensation.

Il reste à démontrer la constitution de ces deux corps, ainsi que leur origine, et à voir s'ils sont formés à partir de la diméthylcyclohexanone dissymétrique ou de son isomère symétrique, puisque les auteurs allemands ont observé que la cétone symétrique peut réagir avec l'aldéhyde benzoïque.

Étude du corps visqueux C'. — Abandonné à lui-même, ce liquide laisse déposer peu à peu des cristaux (1^g) qui fondent à 119°-120° (fusion commençante 117°, complète 126°), qui semblent principalement constitués par le corps $C^{22}H^{24}O^2$ de point de fusion 117°-118°. Le liquide visqueux restant n'a pas été étudié.

En résumé, d'accord avec MM. v. Auwers et Krollpfeiffer, nous avons constaté que notre diméthylcyclohexanone se condense, en majeure partie, avec de l'aldéhyde benzoïque, pour donner naissance à de l'α'-benzylidène-αα-diméthylcyclohexanone fondant à 82°-82°,5.

$$C^6H^5CHO + \begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \diagup \quad \diagdown CH^2 \\ | \qquad\quad | \\ H^2C \diagdown \quad \diagup C \begin{smallmatrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{smallmatrix} \\ CO \end{array} = \begin{array}{c} CH^2 \\ H^2C \diagup \quad \diagdown CH^2 \\ | \qquad\quad | \\ C^6H^5 - CH = C \diagdown \quad \diagup C = (CH^3)^2 \\ CO \end{array} + H^2O.$$

Il en résulte, nécessairement, que notre diméthylcétone est dissymétrique.

---

(1) WALLACH, *Ann.*, t. 305, 1899, p. 275.

Nous avons, en outre, fait voir, qu'indépendamment de ce dérivé cristallisé, il se forme dans les opérations étudiées : 1° un isomère liquide, jaune et incristallisable; 2° deux autres produits cristallisés fondant respectivement à 117°-118° et 188°-190°, répondant tous deux à la formule $C^{22}H^{24}O^2$. Nous poursuivons cette étude, ainsi que celle des homologues supérieurs de la diméthylcétone.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Sur la « structure étagée » de certains bois.* Note de M. **Henri Lecomte**.

Les rayons du bois (généralement désignés sous le nom de *rayons médullaires*) doivent être pris en spéciale considération dans l'étude et la caractérisation des bois.

Ces rayons peuvent être plus ou moins rapprochés, avec des hauteurs variables suivant les espèces; on peut les trouver très étroits ou, au contraire, plus ou moins larges; tous semblables, ou présentant dans le même bois plusieurs types de grandeur; ils peuvent être de structure homogène ou hétérogène, cette hétérogénéité pouvant elle-même présenter diverses modalités; les cellules se montrent remplies de cristaux ou en sont dépourvues; mais il convient surtout de retenir que, dans le bois, les rayons sont susceptibles de présenter des dispositions relatives caractéristiques, dont nous nous occuperons exclusivement dans cette Note.

Les sections longitudinales tangentielles, perpendiculaires à la direction des rayons, sont celles qui permettent le mieux de mettre en évidence les relations de position des divers rayons.

Par des sections de cette nature, on voit le plus souvent que les sections fusiformes des rayons se trouvent disposées sans ordre apparent et, par conséquent, en chicane les unes par rapport aux autres. C'est le cas de beaucoup le plus fréquent, même chez les bois des pays chauds et, pour ce qui concerne les bois des régions tempérées ou froides, on peut admettre que c'est la règle absolue.

Mais dans les pays tropicaux, et pour certains arbres appartenant à des groupes botaniques déterminés, sous l'influence de conditions qu'il serait intéressant de préciser, des rayons de même forme et de même hauteur se montrent, sur des sections longitudinales tangentielles, disposés en séries transversales souvent très régulières. Cet arrangement spécial, tout à fait caractéristique, est parfois visible à l'œil nu, souvent à la loupe et, dans certains cas, avec l'aide du microscope seulement.

Bien que non signalé dans nos Ouvrages de Botanique, même ceux qui renferment les renseignements les plus circonstanciés sur la structure des végétaux, ce caractère n'a pas échappé complètement à F.-R. Höhnel (1884), Th. Yaensh (1884), Saupe (1887), Wiesner (1903) qui ont eu l'occasion de traiter de la structure des bois et, récemment encore, J. Record consacrait à cette question une Note assez étendue (1).

Ce dernier auteur réunit, sous le nom de *Storied or tier-like structure*, toutes les dispositions régulièrement sériées des éléments du bois, soit que cette disposition spéciale ne se rencontre que dans les éléments du parenchyme, soit au contraire qu'elle se manifeste à la fois chez plusieurs sortes d'éléments, comme les cellules de parenchyme ligneux, les fibres et enfin les segments vasculaires.

Nous n'adoptons pas cette manière de voir, qui a pour résultat d'attribuer la même structure générale à des bois de caractère très différent. Comme on l'a dit plus haut nous considérerons uniquement la disposition des rayons et nous désignerons sous la dénomination de *bois étagés* ceux qui possèdent des rayons de hauteur sensiblement égale, disposés, dans une section longitudinale tangentielle du bois, de la même façon que les rangées régulières de fenêtres des étages d'une construction. Dans ces conditions, la dénomination adoptée se justifie amplement.

Chez le bois de *Pterocarpus pedatus* Pierre (Légumineuse indo-chinoise), par exemple, les rayons médullaires hauts de 6-8 cellules (en moyenne 180^{μ}) paraissent, sur une section longitudinale tangentielle d'une bille de bois, autant de meurtrières étroites formant dans un mur des étages rapprochés et, le plus souvent, les rayons d'un étage alternent avec ceux du rayon directement superposé ou du rayon situé au-dessous. Or dans ce bois les fibres et les segments vasculaires présentent, comme les rayons, la hauteur d'un étage.

Dans le bois de *Columbia Thorelii* Gagn. (Tiliacées) il existe, d'une part, des rayons étroits ayant la même hauteur que les fibres et que les segments vasculaires, c'est-à-dire 400^{μ}-500^{μ}, et ces rayons sont étagés comme ceux de l'espèce précédente; mais il existe d'autre part des rayons larges, dont la hauteur est égale à 4, 5 ou même 6 étages et, à la loupe, ces derniers rayons paraissent à peu près seuls visibles, de telle façon que le bois ne paraît pas étagé. Ces derniers bois sont en somme très différents des premiers et il ne paraît pas possible de réunir ces deux structures sous la

(1) *Bull. of the Torrey Bot. Club*, juillet 1919, p. 253.

même dénomination. Tout au plus pourrait-on dire que le bois de *Columbia Thorelii* et celui d'une Sterculiacée présentant à peu près le même caractère général (*Pterospermum grewiæfolium* Pierre) sont des *bois semi-étagés*.

Chez les *Sterculia*, la même disposition se retrouve, mais avec des rayons très larges, dont la hauteur est de plusieurs étages et des rayons étroits, peu nombreux, visibles seulement au microscope et nettement étagés. Une Malvacée (*Hibiscus præclarus* Gagn.) présente le même caractère.

Enfin chez une Légumineuse à bois exceptionnellement léger (*Herminiera Elaphroxylon* G. et P.) du centre africain, les cellules du parenchyme ligneux se trouvent seules disposées en couches régulières, c'est-à-dire en étages.

La dénomination de *bois étagés* doit être réservée suivant nous aux bois dont les rayons ayant sensiblement la même hauteur sont disposés par étages très nets; on désignera sous le nom de *bois semi-étagés* ceux qui possèdent des rayons étroits étagés et quelques rayons larges non étagés.

Enfin, de la même façon qu'on refuserait le nom d'*étages* aux séries horizontales de moellons formant le mur d'une maison, de même on ne donnera pas le nom *bois étagés* à ceux dont les rayons ne justifient pas cette dénomination, mais dont les éléments du parenchyme ligneux sont seuls par séries régulières (*Herminiera*).

Cette structure spéciale ne se rencontre pas chez tous les bois des pays tropicaux et elle nous semble limitée à certains groupes. Dans la famille des Légumineuses par exemple, le caractère de « bois étagé » paraît spécial aux Papilionées, à l'exclusion des Cæsalpiniées et des Mimosées. Et s'il faut faire exception pour les *Dialium*, habituellement placés par les botanistes dans la sous-famille des Cæsalpiniées, il faut reconnaître que la réduction du nombre des pétales et parfois même l'absence de ces pièces dans les fleurs ne laissent pas de jeter quelque doute sur la place qu'il convient d'attribuer à ce genre.

Les Légumineuses chez lesquelles nous avons observé spécialement la *disposition étagée* du bois sont les suivantes : *Lonchocarpus sericeus* H. B. et K. (Congo), *Milletia ichtyoctona* Drake (Tonkin), diverses espèces du genre *Dalbergia : D. lanceolaria* L. (Inde), *D. latifolia* Roxbg. (Inde), *D. Oliveri* Gamble, *D. cochinchinensis* Pierre, *D. bariensis* Pierre (Indo-Chine); *Pterocarpus pedatus* Pierre (Indo-Chine), *P. indicus* Willd. (Inde et Philippines); *Ormosia venosa* Baker (Malacca); *Bocoa prouacensis* Aubl. (Guyane), *O. Villamilii* Merr. (Philippines); *Machærium sp.* (Am. Sud); *Miroxylon*

peruiferum L. (Am. Sud); diverses espèces *d'Erythrina* : *E. variegata* Merr. var. *orientalis* (Philippines), etc.

Les espèces précédentes appartiennent toutes aux Légumineuses-Papilionées. Il faut y ajouter les espèces du genre *Dialium*, placé, comme on l'a dit plus haut, dans les Légumineuses-Cæsalpiniées : *D. cochinchinense* Pierre et *D. guineense* Willd., dont la provenance est suffisamment indiquée par le nom.

Diverses espèces du genre *Dalbergia* fournissent un bois désigné sous le nom de *palissandre* que tout le monde connaît, du moins de nom, et que le caractère signalé plus haut permet de reconnaître facilement d'autres bois qu'on peut lui substituer.

Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer en passant que le caractère nettement étagé du bois de palissandre, joint à la présence de couches circummédullaires de parenchyme, donne à ce bois une exceptionnelle régularité qu'on pourrait comparer à celle d'un massif de maçonnerie constitué par des moellons réguliers et égaux. Il est évident qu'un tel caractère de régularité paraît bien propre à assurer au bois une contractilité et une dilatabilité à peu près égales dans tous les sens, ce qui constitue une supériorité incontestable pour un bois d'ébénisterie.

Dans la famille des Zygophyllacées nous avons noté comme bois nettement étagés: *Guaiacum sanctum* L. (Amér. trop.), *Bulnesia Sarmienti* Lorentz (Rép. Argent.), *Porliera hygrometra* R. et P. (Pérou). Le premier fournit le bois de gaïac; son caractère étagé, à étages très serrés, permet de le reconnaître de ses succédanés possibles.

Enfin nous signalerons encore cette structure chez une Malvacée (*Thespesia populnea* Soland.), une Sapindacée (*Æsculus turbinata* Bl.), une Salicacée (*Salix japonica* Thunb.), etc.

Quant à la structure semi-étagée chez laquelle les petits rayons sont seuls disposés par étages réguliers, nous l'avons observée chez des Tiliacées (*Columbia Thorelii* Gagn.), des Malvacées (*Hibiscus præclarus* Gagn.), des Sterculiacées (*Sterculia hypochra* Pierre et *Pterospermum Grewiæfolium* Pierre) et enfin une Bombacée (*Bombax malabaricum* D. C.). Or ces familles se trouvent étroitement réunies dans le groupe des Malvales.

Il n'est pas sans intérêt, on le conviendra, de constater que les caractères de structure du bois viennent confirmer pleinement les groupements établis d'après la considération de la fleur et du fruit.

Enfin nous devons ajouter que la *structure étagée* ne se manifeste qu'à une

certaine distance de la moelle, c'est-à-dire dans le bois déjà arrivé à une épaisseur notable et dans lequel ne se manifestent plus ni l'accroissement en longueur ni les déplacements produits par le passage des faisceaux se rendant aux feuilles. Nous avons recherché en vain la structure étagée dans des échantillons d'herbier de *Pterocarpus* et de *Dalbergia*, alors que le bois âgé provenant des mêmes espèces possède cette structure bien caractérisée.

BOTANIQUE. — *La structure de la cellule végétale et son métabolisme.* Note de M. **P.-A. Dangeard.**

Le cytoplasme de la cellule végétale renferme, d'après mes observations, trois systèmes distincts d'éléments figurés [1] :

1° Le *vacuome*, formé par les *métachromes* et les vacuoles ordinaires : ce système donne naissance aux corpuscules métachromatiques et à l'anthocyane ;

2° Le *plastidome*, constitué par l'ensemble des plastes, *mitoplastes*, *amyloplastes*, *chloroplastes*, etc., dont la fonction est de produire les pigments chlorophylliens et l'amidon ;

3° Le *sphérome*, comprenant de nombreux globules d'aspect réfringent : ce sont les *microsomes* qui, au moins dans certains cas, paraissent en relation avec la production de substances oléagineuses.

J'ai opposé l'existence générale de ces trois systèmes indépendants à la théorie de Guilliermond, qui admettait jusqu'ici que les diverses sécrétions de la cellule, corpuscules métachromatiques et amidon, anthocyane et chlorophylle, huile, tanin et glycogène, provenaient d'un seul élément, la *mitochondrie*, susceptible de se transformer en *chondriocontes* et *chondriomites*.

Dans une Note récente [2], Guilliermond reconnaît d'une façon générale l'existence des trois systèmes cités plus haut. On peut conclure, dit-il, qu'il y a lieu de distinguer dans la cellule végétale :

1° Un appareil vacuolaire (vacuome de M. Dangeard), qui présente à son origine des formes mitochondriales ;

---

(1) P.-A. Dangeard, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

(2) Guilliermond, *Sur les éléments figurés du cytoplasme* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 612).

2° Un chondriome semblable à celui de la cellule animale et constitué par deux variétés de mitochondries;

3° De petits globules de nature probablement lipoïde qui n'ont rien de commun avec le chondriome.

On remarquera qu'il n'est plus question d'un chondriome donnant naissance aux diverses sécrétions et produits de la cellule : ce système ne comprend plus que des amyloplastides (*loc. cit.*, p. 614) qui fournissent l'amidon et une seconde variété de mitochondries dont le rôle est ignoré.

Or les amyloplastides et les autres plastes sont bien connus depuis longtemps : si quelques formes jeunes ont été découvertes ou mieux caractérisées dans ces dernières années, ce n'est pas une raison pour les ranger parmi les mitochondries dont la découverte dans les cellules animales est récente (Benda, 1897) : ces plastes doivent donc, incontestablement, conserver leur nom et être réunis sous le nom de plastidome.

La théorie du chondriome, en ce qui concerne la cellule végétale, s'effondre, car je ne suppose pas qu'on veuille la retenir pour une prétendue variété de « mitochondries » dont on ignore la fonction et qui rentre peut-être dans la catégorie des microsomes du sphérome, ou des corpuscules métachromatiques du vacuome; si ces éléments en sont indépendants et existent réellement, ce dont je doute, il faudra, lorsqu'on les connaîtra mieux, les comprendre sous un nouveau nom qui ne sera certainement pas celui de mitochondrie, qui prêterait trop à de fâcheuses confusions.

L'erreur de Guilliermond a été *de comprendre, sous le nom de mitochondries, tous les éléments qui se comportaient de la même façon par les méthodes dites mitochondriales : or ces éléments sont de nature très différente, malgré une constitution histochimique analogue;* ce qui importe, *c'est d'établir leur filiation et leur évolution :* ainsi, les plastes qui dérivent les uns des autres présentent, aux différents stades de leur existence, des réactions très différentes; il en est de même des microsomes.

Le rapide exposé historique qui va suivre montrera comment je suis arrivé, dans ces dernières années, en appliquant ces idées, à élargir le champ de nos connaissances sur la structure de la cellule végétale et son métabolisme.

Les corpuscules métachromatiques de Babès ou grains rouges de Butschli ont été étudiés par un grand nombre d'auteurs et en particulier par Guilliermond : celui-ci attribue la formation de ces éléments au chondriome.

Chez les Champignons « les chondriocontes forment sur leur trajet, soit au milieu, soit aux extrémités, soit dans une région quelconque de petits grains offrant l'aspect de vésicules ou parfois homogènes... : ces grains se détachent par résorption des parties effilées du chondrioconte, pénètrent dans les vacuoles et prennent tous alors nettement l'aspect de vésicules constituées par un corpuscule métachromatique incolore entouré d'une écorce mitochondriale... : celle-ci s'épuise lorsque le corpuscule est arrivé à l'état de maturité. La naissance des corpuscules métachromatiques s'effectue donc au sein des mitochondries comme celle de l'amidon » ([1]).

Chez les Algues, l'origine des corpuscules métachromatiques serait la même : le chromatophore des Algues correspondrait à un chondriome et les corpuscules métachromatiques seraient élaborés à l'intérieur de ce chondriome; pour l'auteur, ce serait là « un fait absolument démontré » (*loc. cit.*, p. 58).

Or j'ai prouvé que *les corpuscules métachromatiques, loin d'être formés comme l'amidon par des sortes de plastes ou mitochondries, étaient simplement le résultat de la précipitation de la substance métachromatique, contenue dans les vacuoles, sous l'influence d'un colorant vital ou sous l'action de différents réactifs* ([2]).

Il me fut bientôt donné de rectifier une autre erreur.

On sait que beaucoup de plantes ont leurs feuilles colorées en rouge par un pigment qui est l'anthocyane : ce pigment qui vire au bleu dans un milieu basique se trouve également dans beaucoup de fleurs qui lui doivent une grande variété de coloris.

D'après Guilliermond, les pigments anthocyaniques sont, comme les autres pigments végétaux, le produit de l'activité des mitochondries : les descriptions qu'il donne de leur mode de formation et qui rappellent celles de l'origine des corpuscules métachromatiques, paraissent très nettes : là encore de nombreux chondriocontes minces, allongés et flexueux, disposés autour du noyau, s'épaississent peu à peu et s'imprègnent de pigment rouge, puis se transforment chacun en haltères; les deux têtes de celles-ci se séparent, prennent la forme de sphérules qui grossissent et s'introduisent dans de petites vacuoles où elles se dissolvent ([3]).

([1]) GUILLIERMOND, *Recherches sur le chondriome chez les Champignons et les Algues* (*Revue générale de Botanique*, 1915, p. 50 de l'Extrait).

([2]) P.-A. DANGEARD, *La métachromatine chez les Algues et les Champignons* (*Société botanique de France*, mars 1916).

([3]) GUILLIERMOND, *Quelques remarques nouvelles sur la formation des pigments anthocyaniques au sein des mitochondries* (*Société de Biologie*, t. 75, 1913, p. 478).

Le tanin aurait aussi une origine mitochondriale et se formerait dans le noyer de la même manière que l'anthocyane ([1]).

Il ne me fut pas difficile de montrer que la *formation des pigments anthocyaniques se produisait suivant un mode tout différent : ce que Guilliermond avait pris pour des chondriocontes assimilables aux plastes amylifères, était tout simplement la série des états jeunes du système vacuolaire :* en réalité, *l'anthocyane est un produit du vacuome, alors que l'amidon est un produit du plastidome* ([2]). On en peut dire autant des tanins *qui, loin d'avoir une origine mitochondriale, se forment également dans le système vacuolaire.*

Toutes ces observations m'avaient mis en mesure de préciser l'évolution dans la cellule végétale du système vacuolaire, évolution qui est encore presque totalement inconnue dans les tissus animaux.

Le système vacuolaire ou vacuome débute par des corpuscules de métachromatine qui se montrent sous la forme de grains, de bâtonnets, de filaments : ces éléments, auxquels j'ai donné le nom de *métachromes*, sont des vacuoles élémentaires qui n'ont rien à voir avec des plastes; ils s'unissent et se ramifient en un fin réseau qui entoure le noyau; ce réseau s'épaissit en certains points pour former les vacuoles ordinaires et celles-ci à leur tour s'unissent pour donner la vacuole centrale ([3]).

J'ai suivi cette évolution sur de nombreux exemples empruntés aux Champignons, aux Algues, aux Phanérogames : elle vient d'être reconnue et décrite chez les Gymnospermes ([4]).

La découverte de ces premiers stades du système vacuolaire posait une question de terminologie assez embarrassante : je venais de démontrer que ces corpuscules, ces bâtonnets, ces chaînettes, ces filaments simples ou ramifiés appartenaient au système vacuolaire et n'avaient rien de commun avec les plastes; or, Guilliermond continuait de confondre ces deux sortes de formations sous le nom de *chondriome.*

Afin d'éviter de créer un nom nouveau, je proposai de limiter le nom de chondriome à l'ensemble du système vacuolaire en séparant nettement

---

([1]) Guilliermond, *Sur la formation de l'anthocyane au sein des mitochondries* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1924).

([2]) P.-A. Dangeard, *Note sur la formation des pigments anthocyaniques* (*Société bot. de France*, avril 1916).

([3]) P.-A. Dangeard, *Notice sur ses travaux scientifiques.* Supplément, Paris, 1917, avec liste des publications antérieures sur le sujet.

([4]) Pierre Dangeard, *Sur l'évolution du système vacuolaire chez les Gymnospermes* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 474).

celui-ci de l'ensemble des plastes [1]. Cette solution semblait d'autant plus naturelle que les stades jeunes du chondriome ainsi limité possédaient la plupart des réactions attribuées au chondriome de la cellule animale : pouvoir électif vis-à-vis des colorants vitaux et en particulier du vert Janus, noircissement par l'acide osmique et fixation, insolubilisation par les sels de chrome, etc.; d'autre part, la question de l'existence de véritables plastes dans la cellule animale restait évidemment entière.

Dans une Note ultérieure, constatant que l'expression chondriome limitée au système vacuolaire pouvait donner lieu à des confusions regrettables, je me décidai à séparer nettement les différents éléments figurés du cytoplasme, confondus par les auteurs sous le nom de *chondriome* en trois systèmes : *vacuome*, *plastidome* et *sphérome* (*loc. cit.*).

Le vacuome est maintenant bien connu : grâce à l'emploi des colorants vitaux, qui, ainsi que je l'ai montré, le colorent dans la cellule vivante, à l'exclusion des autres éléments, il est relativement facile de suivre son évolution.

Ce vacuome contient en solution colloïdale une substance, la métachromatine qui jouit de propriétés osmotiques et électives remarquables : elle montre en général le phénomène encore inexpliqué de la métachromasie; elle est précipitée de sa solution par certains réactifs, comme l'alcool absolu pour les Algues et les Champignons, l'acide osmique ou le bichromate de K pour les Phanérogames; elle se colore fréquemment comme la chromatine du noyau.

Cette méchromatine est constituée sans doute par un mélange de plusieurs substances, osmotines, électivines, etc., qu'une analyse ultérieure permettra peut-être d'isoler dane la suite : comme elle est élective, elle se trouve d'ailleurs toujours associée ou combinée à différents corps qui lui viennent du cytoplasme et du noyau.

Il me semble que l'emploi du mot métachromatine, appliqué, d'une façon générale, à la substance en solution colloïdale dans les vacuoles, est tout aussi justifié que l'emploi du mot chlorophylle, s'appliquant au pigment vert qui imprègne les chloroplastes et qui lui aussi est un mélange de plusieurs pigments.

La métachromatine, suivant mes constatations, se précipite sous l'action des principaux réactifs employés en histologie en corpuscules métachroma-

---

[1] P.-A. DANGEARD, *Sur la nature du chondriome dans la cellule* (*Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 439).

tiques de diverses formes et de grosseur très variable : parfois, il se produit un grand nombre de petits grains chromatiques appliqués à la surface interne du cytoplasme qui entoure les vacuoles. Ces constatations ont une grande portée, car il n'est pas douteux que les histologistes ont dû souvent prendre ces grains pour des éléments du cytoplasme : moi-même, dûment averti cependant, j'ai parfois éprouvé de sérieuses difficultés après l'emploi des méthodes dites *mitochondriales*, surtout avec l'hématoxyline ferrique, à rattacher ces grains au vacuome.

Du plastidome et du sphérome, je ne dirai rien ici, ayant bien précisé dans des Notes récentes leurs caractères [1]. Il me suffira simplement d'insister sur ce fait que l'existence du sphérome ne saurait être contestée puisqu'il est facile, ainsi que je l'ai indiqué, de voir directement les microsomes dans la cellule vivante.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la division des *Applications de la Science à l'Industrie.*

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 58,

M. Maxime Laubeuf	obtient. . . .	38 suffrages
M. Charles Rabut	»	18 »
M. Léon Guillet	»	1 suffrage
M. Maurice Prud'homme	»	1 »

M. **Maxime Laubeuf**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

Sir **Joseph Larmor**, élu Correspondant pour la Section de Géométrie, adresse des remercîments à l'Académie.

---

[1] P.-A. Dangeard, *Plastidome, vacuome et sphérome dans* Selaginella Kraussiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 301).

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Catalogue des mouvements propres de 5671 *étoiles*, par M. Joseph Bossert, Ouvrage posthume publié par L. Schulhof, suivi de deux Notes de L. Schulhof.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Cauchy.* Note (1) de M. **N.-E. Nörlund.**

1. Soit $f(x)$ une fonction, positive à partir d'une certaine valeur de x, continuellement décroissante et tendant vers zéro quand x augmente indéfiniment. On sait que Maclaurin et Cauchy ont démontré que la série

$$\sum_{s=1}^{\infty} f(s)$$

sera convergente ou divergente suivant que l'intégrale

$$\int_1^{\infty} f(x)\,dx$$

aura ou non un sens. MM. Bromwich et Hardy (2) ont fait remarquer que ce théorème reste vrai dans certains cas où la fonction $f(x)$ n'est pas décroissante. Je vais démontrer que les résultats de ces auteurs peuvent s'étendre à certaines séries multiples. M. E. Picard (3) a étendu le théorème de Cauchy à des séries multiples, mais il s'agit ici d'étendre le théorème dans une autre direction.

Soient $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n$ des nombres positifs. Posons

$$\Omega = s_1\omega_1 + s_2\omega_2 + \ldots + s_n\omega_n$$

et considérons la série à n entrées

$$\sum f(x+\Omega), \tag{1}$$

la sommation étant étendue à toutes les valeurs entières non négatives de $s_1, s_2, \ldots, s_n$. Supposons que :

(1) Séance du 15 mars 1920.

(2) *Proc. London math. Soc.*, 2e série, t. 6, 1908, p. 327-338; t. 9, 1911, p. 126-144.

(3) *Traité d'Analyse*, t. 1, 2e édition, p. 288-304. Paris, 1901.

1° La fonction $f(x)$ admette, pour $x \geqq a$, une dérivée continue d'un certain ordre, soit d'ordre m, tel que

$$\lim_{x=\infty} x^{n+\varepsilon} f^{(m)}(x) = 0, \tag{2}$$

ε étant un nombre positif;

2° L'intégrale

$$\int_0^\infty dt_n \ldots \int_0^\infty dt_2 \int_0^\infty f(a + t_1 + t_2 + \ldots + t_n)\, dt_1$$

soit convergente. *Dans ces conditions, la série* (1) *sera uniformément convergente dans l'intervalle* $x \geqq a$. *La série n fois itérée*

$$\sum_{s_n=0}^{\infty} \cdots \sum_{s_2=0}^{\infty} \sum_{s_1=0}^{\infty} f(x+\Omega) \tag{3}$$

convergera aussi et elle aura la même somme que la série (1). En effet, soit $B_\nu^{(n)}(x)$ le polynome de Bernoulli (*Comptes rendus*, t. 169, p. 521-524 et p. 608-610), d'ordre n et du degré ν, soit $\dot{B}_\nu^{(n)}(x)$ une fonction définie par les deux conditions suivantes :

$$\Delta^n_{\omega_1 \ldots \omega_n} \dot{B}_\nu^{(n)}(x) = 0,$$

$$\dot{B}^{(n)}(x) = B_\nu^{(n)}(x), \quad \text{si} \quad 0 \leqq x < \omega_1 + \omega_2 + \ldots + \omega_n.$$

On a la relation suivante :

$$\begin{aligned}
&\sum_{s_n=0}^{p_n-1} \cdots \sum_{s_2=0}^{p_2-1} \sum_{s_1=0}^{p_1-1} f(x+\Omega) \\
&= \sum_{\nu=0}^{n-1} \frac{B_\nu^{(n)}(0)}{\nu!} \int_0^{p_n} dt_n \ldots \int_0^{p_2} dt_2 \int_0^{p_1} f^{(\nu)}(x + \omega_1 t_1 + \omega_2 t_2 + \ldots + \omega_n t_n)\, dt_1 \\
&\quad + p_1 p_2 \ldots p_n \sum_{\nu=0}^{m-1} \frac{B_{\nu+n}^{(n)}(0)}{(\nu+n)!} \Delta^n_{p_1\omega_1, \ldots p_n\omega_n} f^{(\nu)}(x) \\
&\quad + p_1 p_2 \ldots p_n \int_0^\infty \frac{\dot{B}_{m+n-1}^{(n)}(-t)}{(m+n-1)!} \Delta^n_{p_1\omega_1 \ldots p_n\omega_n} f^{(m)}(x+t)\, dt,
\end{aligned}$$

$p_1, p_2, \ldots, p_n$ étant des entiers positifs quelconques. Faisons tendre les p_i vers l'infini. On démontre sans peine que le second membre tendra uniformément vers une limite et l'on arrive ainsi au théorème énoncé. Soit en particulier

$$f(x) = \frac{\sin(x^\alpha)}{x^\beta} \qquad (0 \leqq \alpha < 1).$$

On voit que les séries (1) et (3) convergeront, si $\mathfrak{K}(\beta) > n(1-\alpha)$, et divergeront si $\mathfrak{K}(\beta) \leqq n(1-\alpha)$. Si la fonction $f(x)$ est positive à partir d'une certaine valeur de x et satisfait toujours à la condition 1°, le théorème s'énonce comme il suit : Pour que la série (1) converge, il faut et il suffit que l'intégrale

$$\int_x^\infty z^{n-1} f(z)\, dz$$

ait un sens.

Supposons, par exemple, que

$$f(x) = \frac{1}{x^\beta\left[1 + x^\alpha(\sin \pi \sqrt{x})^2\right]}, \qquad \text{où} \qquad \frac{1}{2} > \alpha > 0, \quad \beta > 0.$$

Pour les valeurs positives et très grandes de x, cette fonction est en général du même ordre de grandeur que $x^{-\beta-\alpha}$; mais, si x est le carré d'un entier, $f(x)$ est égale à $x^{-\beta}$. Du théorème que nous venons d'énoncer, il résulte que la série (1) sera convergente, si $\beta > n - \frac{\alpha}{2}$, et divergente, si $\beta \leqq n - \frac{\alpha}{2}$.

2. Voici un autre théorème de Cauchy que M. Borel a étendu un peu en lui donnant la forme suivante : Les séries

$$\sum_{n=1}^\infty f(n) \quad \text{et} \quad \sum_{n=1}^\infty a^n f(a^n) \qquad (a > 1)$$

sont en même temps convergentes ou divergentes si $f(x)$ est positive, décroissante et tendant vers zéro quand x augmente indéfiniment. A l'aide de ce qui précède, on démontre ce théorème plus général. *Les séries*

$$\sum_{n=1}^\infty f(n), \quad \sum_{n=1}^\infty f[\psi(n)]\,\psi'(n)$$

sont en même temps convergentes ou divergentes dans les conditions suivantes.

La fonction $f(x)$ tend vers zéro quand x tend vers l'infini et elle admet, pour $x \geqq 1$, une dérivée continue d'ordre m telle que l'intégrale

$$\int_1^\infty |f^{(m)}(z)|\, dz$$

a un sens. La fonction $\psi(x)$ tend vers l'infini avec x et elle admet pour $x \geqq 1$

une dérivée continue d'ordre $m+1$ qui, à partir d'une certaine valeur de x, ne change pas de signe quand x augmente. On suppose en outre que la dérivée $\psi'(x)$ tende vers une limite quand x augmente indéfiniment. Il suffit, en effet, de comparer les deux séries avec les intégrales correspondantes.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Du rendement dans le sciage à main des métaux.* Note de M. **Ch. Fremont**, présentée par M. L. Lecornu.

Dans le sciage des métaux, les diagrammes obtenus à l'aide de l'enregistreur Marey (*fig.* 1 à 4) montrent que l'effort nécessaire de poussée est

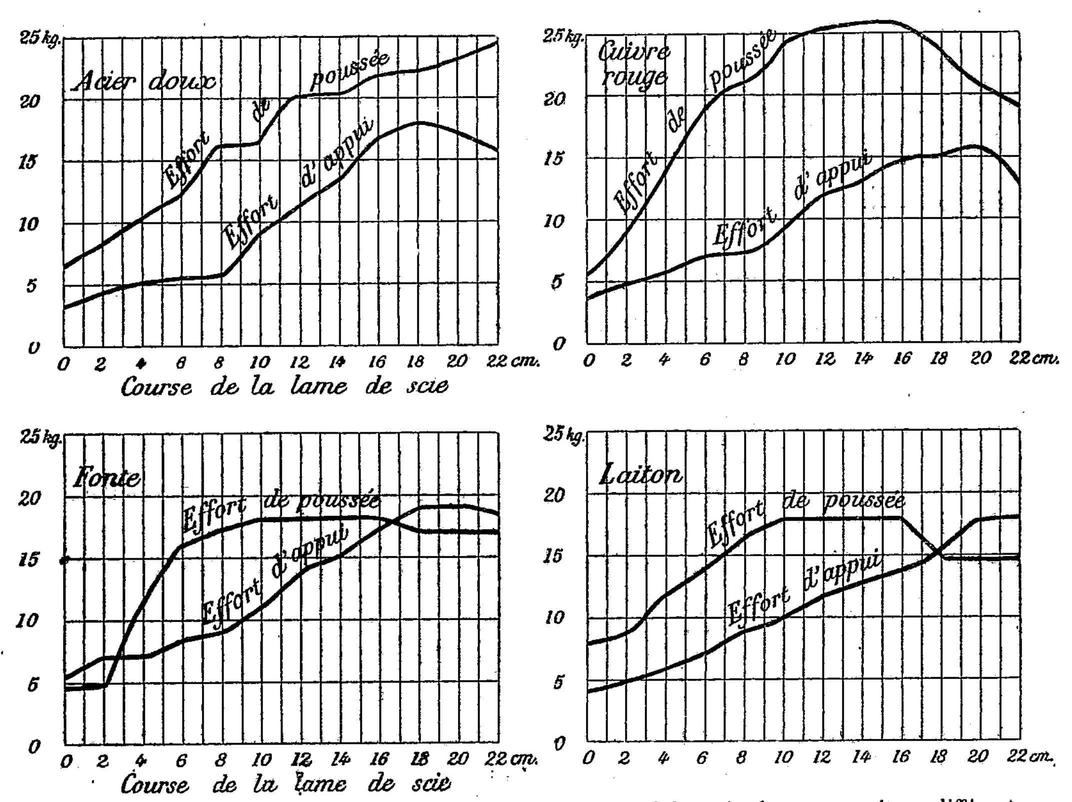


Fig. 1 à 4. — Diagrammes des efforts développés dans le sciage à la main de quatre métaux différents. En abscisses, la course de la scie; en ordonnées, les efforts correspondants.

irrégulier, parce que, à l'effort normal, s'ajoute un effort parasitaire de frottement pouvant aller jusqu'au coincement de la lame; puis, lorsque le coincement de la lame cesse, la scie brusquement est projetée en avant.

Ces perturbations causent à l'ouvrier une fatigue supplémentaire sans résultat utile.

Pour atténuer le frottement, les praticiens augmentent la voie de la scie, mais c'est un procédé à résultat illusoire parce que le coincement persiste et qu'il faut enlever une plus grande quantité de métal, d'où dépense inutile de travail et déchet plus grand.

Ces coincements brusques sont aussi la cause fréquente de rupture de lames.

L'irrégularité dans la direction imprimée à la lame a en outre le grave inconvénient de produire des sciages défectueux avec surfaces irrégulières.

Il y a donc un grand intérêt économique à guider la lame de scie; aussi depuis longtemps des appareils pour scier les métaux à la main ont été proposés; si ces appareils n'ont pas eu plus de succès, c'est probablement parce que leurs organes avaient trop de frottement.

Dans cet ordre d'idées j'ai construit un support pendulaire (*fig*. 5), qui

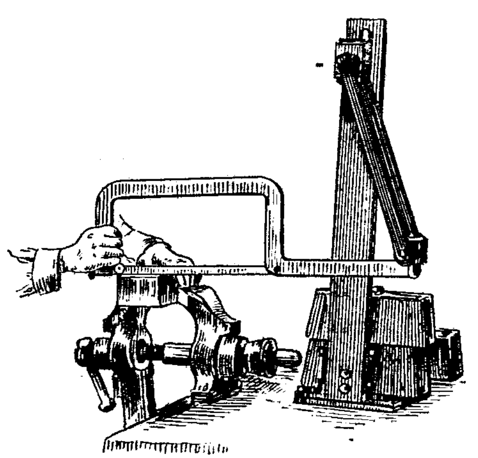


Fig. 5. — Support-guide de scie à métaux.

permet une plus grande course de la lame que celle que fournit habituellement l'ouvrier appuyant d'une main sur chaque extrémité du porte-scie; il y a ainsi moins de temps perdu parce que l'on emploie de plus longues lames.

La lame se trouvant guidée ne coince plus et se rompt moins fréquemment; elle peut être un peu plus mince, d'où moins de travail et moins de déchet pour une coupe donnée.

Les surfaces sciées sont plus régulières, bien planes et bien dans la direction voulue, même dans des coupes biaises.

Des expériences pratiques, effectuées par le service de la voie du Chemin de fer de l'Est ont montré que la moyenne des résultats de sciage de rails de 46^{kg} le mètre, avec une section droite de 59^{cm^2}, était, avec cette petite machine, de 31 minutes, alors que le sciage habituel à la main exigeait 46 minutes; c'est donc environ un tiers d'économie sur la main-d'œuvre.

J'ai de plus constaté que, pour scier une barre d'acier à section rectangulaire, il faut moins de temps quand on l'attaque par le petit côté que lorsqu'on la scie par le grand côté du rectangle.

Des expériences diverses m'ont montré que le rendement, dans le sciage des métaux, diminue proportionnellement au fur et à mesure qu'augmente la longueur du trait de scie. Ainsi le même ouvrier qui scie, dans l'acier de rail, une surface de $3^{cm^2},40$ à la minute, quand le trait de scie a 1^{cm} de longueur, ne scie plus que $1^{cm^2},25$ à la minute quand la longueur du trait de scie atteint 10^{cm}.

Entre ces deux limites la production du sciage à la main, toutes autres choses égales, diminue régulièrement de $0^{cm^2},25$ par centimètre d'augmentation de longueur du trait de scie.

Donc dans le sciage des métaux, comme je l'ai autrefois constaté dans le limage, l'ouvrier produit d'autant plus qu'il attaque à la fois une surface moindre de métal, cette surface, dans le sciage, étant le produit de la largeur du trait de scie par sa longueur.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étalonnage en calories de deux actinomètres adaptés aux études d'héliothérapie et de climatologie agricole.* Note de M. **J. Vallot**, présentée par M. Deslandres.

La mesure de la chaleur solaire n'a guère été considérée jusqu'ici qu'au point de vue de la physique pure, et principalement de la détermination de la constante solaire. Un certain nombre de pyrhéliomètres ou d'actinomètres ont été construits dans le but de mesurer la radiation solaire, soigneusement isolée de la radiation de la voûte céleste; mais on s'est peu occupé de satisfaire aux besoins médicaux ou agricoles par la mesure de la radiation *totale*. Les actinomètres construits dans ce but ne donnent que des indications relatives qui n'ont été rattachées jusqu'ici à aucune unité physique absolue.

Si l'on considère que la chaleur fournie par la voûte céleste peut atteindre un tiers de la radiation solaire directe, on se rend compte de l'insuffisance

des actinomètres à radiation solaire pure, et de l'intérêt que présente la radiation totale, au point de vue de l'héliothérapie ou de la climatologie agricole. C'est pour ces raisons que j'ai étudié les instruments existants et que j'ai cherché ceux qui pourraient se prêter à un étalonnage en calories d'une précision suffisante. Deux de ces instruments ont donné des résultats convenant aux buts que je me proposais.

1° *Actinomètre à mesure immédiate.* — L'actinomètre dit d'Arago a donné de bons résultats pour ce genre de travail, réclamé par les médecins pour les besoins de l'héliothérapie. Cet instrument se compose de deux thermomètres dans le vide, dont l'un est à boule brillante et l'autre à boule noircie. La radiation se conclut de la différence entre ces deux thermomètres.

La radiation devant traverser une chemise de verre mince, il fallait se rendre compte de l'absorption produite par l'enveloppe. Celle-ci, mesurée avec soin sur des moitiés d'enveloppes fournies obligeamment par M. Tonnelot, s'est montrée égale à 0,037 de la radiation incidente, et sans variation sensible du matin au soir. Cette absorption constitue donc un facteur minime et constant.

Pour comparer l'actinomètre à un pyrhéliomètre, il fallait en limiter la sensibilité à la radiation solaire seule. Pour cela, les boules étaient enfermées dans un appareil formé d'une boîte n'admettant que cette radiation par deux ouvertures de la grandeur voulue. Un écran percé d'ouvertures semblables était fixé à la partie antérieure de la boîte pour la protéger de la radiation solaire. Un système approprié permettait de maintenir constamment l'instrument dans la direction du Soleil.

Les déterminations comparatives de chaleur étaient faites à l'aide d'un pyrhéliomètre ou actinomètre de Michelson dont chaque détermination ne dure qu'une ou deux minutes. Des séries de déterminations ont été faites à Nice, à Chamonix et à mon observatoire du Mont Blanc. Les résultats ont été les suivants :

Il suffit de multiplier la différence entre les deux thermomètres par un coefficient pour avoir la radiation en calories. Chaque instrument a son coefficient individuel. Ce coefficient n'échappe pas entièrement à l'influence de la température ambiante. Il varie légèrement avec l'heure de la journée, ainsi qu'avec la saison. L'emploi d'un coefficient moyen donnerait à certaines heures et dans certaines saisons une erreur atteignant $0^{cal},10$, mais la variation diurne et saisonnière peut être déterminée avec assez d'exactitude pour qu'on puisse construire une Table convenant aux diverses heures et

époques. L'erreur à craindre résiduelle, provenant de circonstances fortuites, ne dépasse pas alors $0^{cal},05$, ce qui est plus que suffisant dans la pratique.

La Table des coefficients une fois établie, on n'a plus qu'à retirer l'actinomètre de la boîte et à l'exposer à l'air libre pour qu'il indique la radiation totale à tout instant d'observation. Cet instrument est parfaitement adapté à la technique de l'héliothérapie.

2° *Actinomètre totalisateur.* — L'instrument précédent est insuffisant pour les besoins de la climatologie agricole, pour laquelle on doit préférer un actinomètre n'exigeant pas des séries d'observations continues. Avec un actinomètre d'Arago bien étalonné, il devient facile d'étudier et d'étalonner un actinomètre totalisateur répondant à ces besoins.

L'actinomètre à boule bleue de Bellani a donné par ce moyen tous les résultats désirables. Il se compose d'une boule de verre coloré contenant de l'alcool et protégée par une enveloppe de verre vide d'air. Sous l'action de la radiation, l'alcool se distille et se condense dans un tube gradué inférieur, soudé à la boule.

L'actinomètre totalisateur se place, pour l'étalonnage, à côté d'un actinomètre d'Arago, les deux instruments étant exposés à la radiation totale. Une série d'observations est faite, et sert à établir la courbe d'étalonnage pour les diverses parties du tube de condensation. L'instrument, une fois étalonné, se suffit à lui-même.

Une étude approfondie a fait ressortir les points suivants : La quantité d'alcool distillé diminuant à mesure que la boule se vide, une courbe d'étalonnage doit être établie, par comparaison avec un Arago ou avec un totalisateur déjà étalonné. Chaque instrument a sa courbe particulière dépendant de la teinte de la boule et de la quantité d'alcool; une fois établie, elle ne change jamais. La température de l'air n'a aucune influence sur la distillation de l'instrument. Des comparaisons faites au sommet du Mont Blanc en 1887 et à Nice, en diverses saisons, trente ans plus tard, m'ont donné des étalonnages identiques.

Deux lectures par jour, l'une à midi, l'autre le soir, suffisent pour connaître la quantité totale de calories fournie dans la journée par le Soleil et la voûte céleste; l'instrument est donc parfaitement adapté aux études agricoles. La précision obtenue est analogue à celle que fournit l'actinomètre d'Arago.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le quatrième trimestre de* 1919. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Les observations dans ce trimestre ([1]) se répartissent sur 66 jours, et les principaux faits qu'on en déduit se résument ainsi :

Taches. — Au total les taches ont diminué d'environ un tiers en nombre et d'un peu moins de moitié en surface : on a, effectivement, enregistré 50 groupes et une aire tachée de 3951 millionièmes, au lieu de 80 groupes et 7095 millionièmes précédemment ([2]). Cette diminution a été particulièrement accentuée en décembre, et il faut remonter à l'année 1915 pour trouver des nombres comparables.

Une seule tache, nucléaire, a atteint la limite de visibilité à l'œil nu, c'est :

Octobre 11,8 à + 2° de latitude.

Dans leur répartition par hémisphère, on a noté 32 groupes en moins au Sud (24 au lieu de 56) et 2 groupes au plus au Nord (26 au lieu de 24).

La latitude moyenne de l'ensemble s'est relevé au Sud avec — 13°,5 au lieu de — 11°,3 et reste sensiblement stationnaire au Nord avec + 10°,3 au lieu de + 10°,4.

Régions d'activité. — Les facules ont diminué, au total, dans des proportions semblables à celles des taches : on a, en effet, noté 93 groupes avec une surface totale de 93,9 millièmes, au lieu de 138 groupes et 144,4 millièmes.

Les changements survenus dans leur répartition se traduisent par 31 groupes au moins au sud de l'équateur (50 au lieu de 81) et 14 groupes, en moins également, au nord (43 au lieu de 57).

TABLEAU I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes. S.	Latitudes moyennes. N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre 1919. — 0,00.			
26- 6	6	2,0	− 9		266
2- 8	4	3,0	−16		141
2	1	3,9	−15		25
10-11	2	7,2	− 9		129
10-11	2	9,5	−16		6
10-15	5	9,6		+ 8	109
6-18	10	11,8		+ 2	289
8-17	8	12,7	−15		156
8-14	5	13,1	− 5		37
		Octobre (suite).			
8-17	8	13,7		+10	54
10-18	3	14,2		+11	21
15-20	6	19,0	−16		57
18-19	2	19,8	−16		19
20-29	5	26,4	−11		111
25-29	4	26,5		+12	39
25- 6	7	30,4	−15		109
27- 4	5	31,7	−21		36
	18 j.		−13°,7	+ 8°,6	

([1]) M. Grouiller et M[lle] Gauthier ont participé à ces observations.

([2]) Voir *Comptes rendus*, t. 170, 1919, p. 583.

Tableau I (suite). — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'obser-vations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Novembre. — 0,00.			
27- 7	7	1,7		+13	647
3-10	7	5,2	− 15		273
13	1	7,5		+ 9	48
3-13	10	8,1		+ 3	172
8-15	8	10,1		+ 5	90
7-13	6	12,3		+11	14
16	1	18,2		+ 4	10
21-25	4	21,8		+13	16
19-27	7	21,9	−20		39
22- 4	13	28,4		+14	378
27- 5	9	30,0		+14	34
	25 j.		−17°,5	+ 9°,6	
		Décembre. — 0,00.			
26- 7	11	2,7	−15		90
4	1	3,6		+ 9	2
29- 5	7	5,3		+ 3	35
30-11	11	5,9	−18		105
2-5	4	6,6	− 9		18

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'obser-vations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Décembre (suite).			
8-10	3	6,7	− 5		10
8-11	4	7,1	−13		8
10-13	4	10,0	−12		9
8-13	6	13,4		+ 8	9
12-13	2	14,2		+30,5	16
8-19	9	14,5		+ 6	59
10-19	7	15,2		+ 5	156
19	1	18,1		+ 4	3
13-23	6	18,6	−16		24
18-19	2	19,1		+17	5
22-23	2	21,8		+ 6	16
20-30		25,0		+17	10
29	1	26,5	− 8		3
29	1	26,3		+24	2
22-31	8	26,6	−11		32
22-23	2	27,0	−17		8
26	1	29,0		+10	6
	23 j.		−12°,4	+11°,6	

Tableau II. — *Distribution des taches en latitude.*

1919.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	1	8	3	12	5	3	2	»	»	»	17	1604
Novembre...	»	»	»	2	»	2	9	4	5	»	»	»	11	1721
Décembre...	»	»	»	7	3	10	12	8	2	1	1	»	22	626
Totaux ...	»	»	1	17	6	24	26	15	9	1	1	»	50	3951

Tableau III. — *Distribution des facules en latitude.*

1919.	Sud. 90°. 40°.	40°. 30°.	30°. 20°.	20°. 10°.	10°. 0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°. 10°.	10°. 20°.	20°. 30°.	30°. 40°.	40°. 90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	3	10	8	21	10	3	5	2	»	»	31	30,5
Novembre...	»	»	3	7	5	15	12	6	6	»	»	»	27	31,6
Décembre...	»	1	3	9	1	14	21	10	9	2	»	»	35	31,8
Totaux....	»	1	9	26	14	50	43	19	20	4	»	»	93	93 9

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur les bandes* K *d'absorption des terres rares pour les rayons X.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

Les spectres de rayons X des terres rares ont achevé d'en préciser la classification en fixant le rang de chacune d'elles dans la série des éléments; Siegbahn, en particulier, a mesuré les principales raies L des éléments de 57 (lanthane) à 71 (lutécium), à l'exception des éléments inconnus 61 et 72 et du thulium (69); l'élément 72 est probablement le celtium, mais n'a pu encore être révélé.

Pour les raies de la série K, les mesures de l'Institut de Lund n'indiquent que le lanthane, le cérium, le praséodyme et le néodyme. Dans son travail de 1919 [1] sur les bandes K d'absorption, Siegbahn a étudié les éléments de 57 à 67 (holmium); les bandes des corps simples compris entre l'holmium et le platine n'ayant pu être obtenues à cause de la proximité des raies d'émission du tube employé (tungstène).

Ayant à ma disposition quelques échantillons, très obligeamment prêtés par M. Urbain, j'ai pu obtenir les bandes K des éléments 69, 70 et 71. Avec une dispersion suffisante on voit très nettement, par exemple, la bande du lutécium se placer entre les deux groupes K_α et K_β du tungstène. Je ne me suis pas proposé de faire des mesures très précises, mais de reconnaître sans ambiguïté les bandes et de les suivre d'un élément à l'autre. On trouve ainsi :

La bande K du thulium, $N = 69$, à $\lambda = 0,208 . 10^{-8}$ cm; du néo-ytterbium, $N = 70$, à $\lambda = 0,2015 . 10^{-8}$ cm; du lutécium $N = 71$, à $\lambda = 0,195 . 10^{-8}$ cm.

La préparation de thulium, qui contenait du néo-ytterbium, montrait tout à fait nettement la présence simultanée des deux éléments.

ÉLECTRICITÉ. — *Résonance électrique dans un circuit dont la self-induction contient du fer.* Note [2] de M. **P. Boucherot**, présentée par M. Paul Janet.

Le calcul du courant produit par une force électromotrice alternative agissant dans un circuit contenant une capacité et une self-induction à

(1) Siegbahn et Jönsson, *Physikalische Zeitschrift*, 1919, p. 251.

(2) Séance du 8 mars 1920.

noyau de fer est très pénible, à cause de la fonction compliquée qui peut représenter le flux à partir du courant dans cette self-induction.

On peut cependant tenter de l'obtenir avec une approximation industrielle suffisante en remplaçant la courbe de ce flux par deux droites obliques.

Les choses se présentent généralement sous l'aspect de la figure 1, où I est la courbe du flux dans le fer, II celle du flux dans l'air et III celle du flux total, en sorte qu'on ne fait pas une grande erreur en admettant une droite

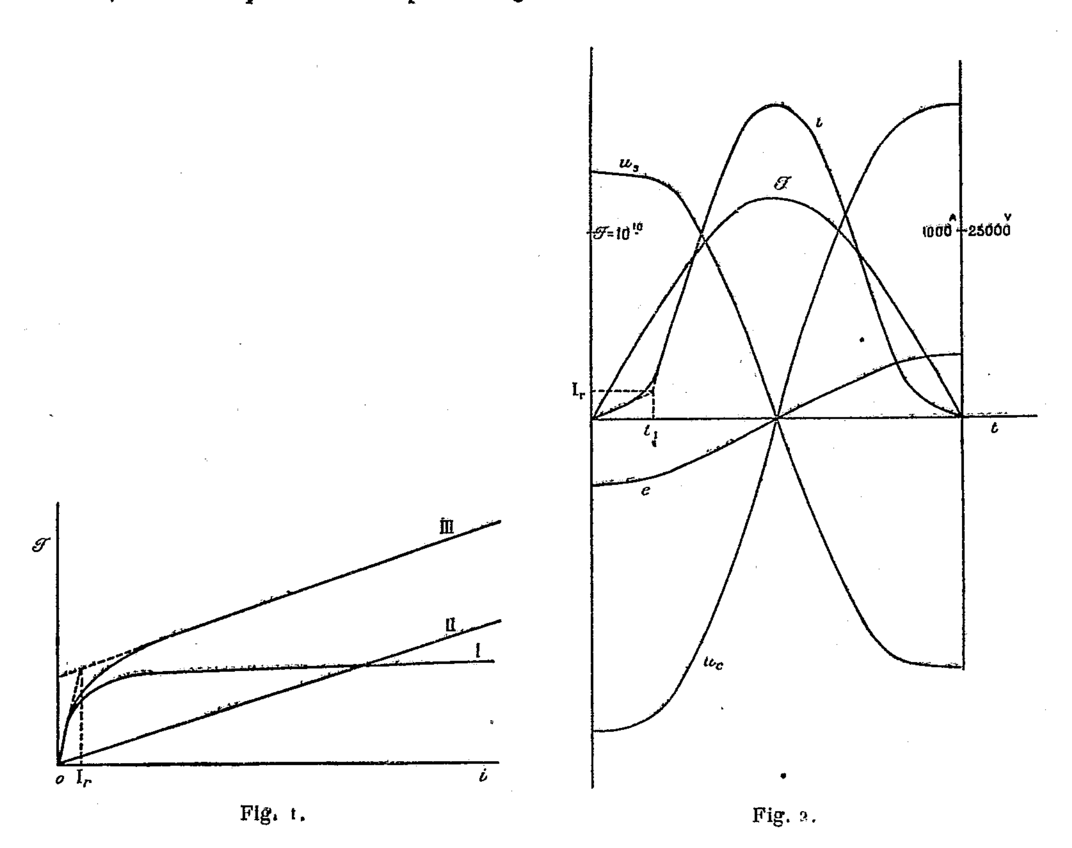


Fig. 1.

Fig. 2.

pour la seconde partie du flux total comme pour la première partie. Le flux total peut se mettre sous la forme

$$\mathfrak{F} = \eta k i + \eta'(k_0 + k' i),$$

étant entendu que

$\eta = 1$ et $\eta' = 0$, tant que i est inférieur à une valeur I_r,

$\eta = 0$ et $\eta' = 1$, quand i est plus grand que I_r.

En faisant ainsi, on trouvera évidemment une courbe de i ayant des points anguleux qu'on pourra remplacer par des arrondis.

On a ainsi

$$\frac{d\mathfrak{F}}{dt} = \frac{d\mathfrak{F}}{di}\frac{di}{dt} = (\eta k + \eta' k')\frac{di}{dt}.$$

En négligeant la résistance, si $\sqrt{2}\,U\cos\omega t$ est la force électromotrice d'alimentation, on a

$$(\eta k + \eta' k')\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt = \sqrt{2}\,U\cos\omega t.$$

Si l'on s'en tient au régime établi, la solution est

$$i = A\sin\alpha t + B\cos\alpha t + F\sin\omega t + H\cos\omega t,$$

dans laquelle α est une pulsation propre.

L'identification donne

$$\alpha^2(\eta k + \eta' k')C = 1,$$

$$F = \frac{\sqrt{2}\,U}{\omega(\eta k + \eta' k') - \frac{1}{\omega C}}, \qquad H = 0.$$

Passons aux valeurs particulières.

Première partie. — $i = 0$ pour $t = 0$, d'où $B = 0$,

$$i = A\sin\alpha t + F\sin\omega t$$

avec

$$\alpha^2 = \frac{1}{LC}, \qquad F = \frac{\sqrt{2}\,U}{S}, \qquad S = \omega L - \frac{1}{\omega C};$$

t_1 étant l'époque à laquelle i devient égal à I_r,

$$A\sin\alpha t_1 + F\sin\omega t_1 = I_r.$$

Deuxième partie :

$$i = A'\sin\alpha' t + B'\cos\alpha' t + F'\sin\omega t$$

avec

$$\alpha'^2 = \frac{1}{L'C}, \qquad F' = \frac{\sqrt{2}\,U}{S'}, \qquad S' = \omega L' - \frac{1}{\omega C}.$$

A l'époque t_1, le courant repart de la valeur I_r,

$$I_r = A'\sin\alpha' t_1 + B'\cos\alpha' t_1 + F'\sin\omega t_1.$$

Et à la fin du quart de période, la tangente à i doit être horizontale, d'où

$$\alpha' A'\cos\frac{\alpha'}{\omega}\frac{\pi}{2} - \alpha' B'\sin\frac{\alpha'}{\omega}\frac{\pi}{2} = 0,$$

ce qui donne

$$i = \frac{I_r - F' \sin \omega t_1}{\cos \alpha' \left(\frac{T}{4} - t_1\right)} \cos \alpha' \left(\frac{T}{4} - t\right) + F' \sin \omega t.$$

Au point anguleux de $i\,(i = I_r,\, t = t_1)$, il y a deux tangentes dont les coefficients angulaires sont dans le rapport $\frac{k'}{k}$ ou $\frac{L'}{L}$: cela fournit une équation qui, combinée avec les précédentes, donne

$$\sqrt{2}\,U \left\{ \left[\frac{k\alpha}{S} \frac{1}{\tan\alpha t_1} - \frac{k'\alpha'}{S'} \tan\alpha' \left(\frac{T}{4} - t_1\right) \right] \sin\omega t_1 - \omega \left(\frac{k}{S} - \frac{k'}{S'}\right) \cos\omega t_1 \right\}$$
$$= I_r \left[\frac{k\alpha}{\tan\alpha t_1} - k'\alpha' \tan\alpha' \left(\frac{T}{4} - t_1\right) \right].$$

On obtient t_1 par tâtonnements.

La figure 2 représente les diverses grandeurs en jeu pendant une demi-période pour une application numérique à la recherche de la surtension résultant de la mise à la terre d'un conducteur d'un câble de 20^{km} de longueur dans une distribution pour laquelle

$$\sqrt{2}\,U = 8600 \text{ volts}, \quad C = 100 \text{ microfarads}, \quad L = 0,352 \text{ henrys},$$
$$L' = 0,0428 \text{ henrys}. \quad \omega = 314.$$

Le point anguleux de l'intensité ($i = 150$ A) est à 30° de l'origine $\left(\omega t_1 = \frac{\pi}{6}\right)$. Le courant atteint 1700 A et le flux 12000.10^6. Les tensions u_s et u_c, respectivement entre les deux bouts du câble et entre bornes de la capacité C, constituée ici par tous les autres câbles de l'installation, atteignent 33000 et 42000 volts. Et, en réalité, la longueur du câble n'est pas même moitié de celle qui donne la pleine résonance.

Ce qui caractérise en effet la présence du fer, c'est que la résonance commence à s'amorcer pour $\omega^2 LC = 1$ (ici 6^{km} de câble), tout en ne devenant parfaite que pour $\omega^2 L'C = 1$ (ici 47^{km} de câble).

La résonance ordinaire est loin d'avoir un *domaine dangereux* aussi étendu.

PHYSIQUE. — *Sur un néphélémètre*. Note de MM. **Charles Chéneveau** et **René Audubert**, présentée par M. Paul Janet.

On donne le nom de *néphélémètres* (de *néphos*, nuage) à des appareils destinés à déterminer la concentration de milieux troubles. Divers expéri-

mentateurs, en particulier MM. Richards et Wilson [1], ont pensé déterminer la différence des concentrations de deux émulsions de même nature en comparant les intensités de la lumière diffusée par elles, d'après la formule de Lord Rayleigh. Or cette relation, généralisée par M. Boutaric [2], peut s'écrire

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{A}{\lambda^n}},$$

et nous avons montré [3] que, pour des émulsions hétérogènes, l'exposant n variait avec la concentration. Le mode opératoire précédent n'est donc pas correct, sauf pour des milieux à très petites particules où n est voisin de 4.

D'autre part, ayant trouvé qu'il y avait entre le rapport $\frac{I}{I_0}$, de l'intensité de la lumière transmise par un milieu trouble à l'intensité de la lumière incidente, et la masse totale M des particules en suspension dans ce milieu, la relation [4]

$$(1) \qquad \frac{I}{I_0} = 1 - e^{-\frac{B}{M^\beta}},$$

nous avons indiqué comment on pouvait, pour une lumière de longueur d'onde définie, déduire de la courbe représentant la fonction $\frac{I}{I_0} = f(M)$, la valeur de M lorsqu'on avait déterminé le rapport $\frac{I}{I_0}$.

Presqu'en même temps, MM. Vlès, de Watteville et Lambert [5] ont décrit un opacimètre permettant de doser des émulsions microbiennes, d'après une courbe d'étalonnage.

Nous avons réalisé un néphélémètre très simple, par application de la formule (1), en compensant l'absorption du milieu trouble par l'absorption d'un prisme d'angle très faible, en verre à teinte neutre. Il est facile de montrer que si x est le déplacement du prisme correspondant à la compensation par une certaine épaisseur moyenne y du verre, *le déplacement x est une fonction linéaire de la masse* M.

En effet, si K est le coefficient d'absorption du verre, lorsque les deux

(1) *Amer. Chem. Journ.*, Vol. 31, 1904, p. 235.
(2) *Thèse de Doctorat,* 1918.
(3) *Comptes rendus,* t. 168, 1919, p. 686.
(4) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 767.
(5) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 797.

faisceaux transmis ont une égale intensité I, on a

$$\frac{I}{I_0} = 1 - e^{-\frac{B}{M^\beta}} = e^{-Ky} = e^{-Kax},$$

puisque x et y sont proportionnels. En développant les exponentielles en séries et en s'arrêtant au second terme,

$$\frac{B}{M^\beta} = 1 - Kax;$$

d'où

$$M = B^{\frac{1}{\beta}}(1 - Kax)^{-\frac{1}{\beta}},$$

ou, eu égard à la précision possible, après un nouveau développement en série,

$$M = B^{\frac{1}{\beta}}\left(1 + \frac{Kax}{\beta}\right),$$

et enfin

$$x = bM - c,$$

b et c étant deux coefficients numériques. L'expérience a d'ailleurs confirmé ce résultat en donnant une ligne droite pour des émulsions de mastic et des suspensions de sulfate de baryte précipité.

Il sera donc facile d'étalonner le néphélémètre à l'aide de deux déterminations seulement, faites avec une émulsion dérivée par dilution connue.

En principe, l'appareil d'essai a été réalisé ainsi : Deux prismes à double réflexion totale, diaphragmés sur des surfaces égales, reçoivent un faisceau de lumière homogène provenant d'une lentille au foyer de laquelle est placée une lampe à incandescence. Devant l'un des prismes se trouve un tube contenant le milieu trouble, devant l'autre prisme est disposé un coin de verre à teinte neutre collé sur un prisme de verre blanc d'angle égal et opposé afin d'annuler la déviation. Les deux prismes étant accolés, les deux faisceaux lumineux transmis par le milieu trouble et par le verre noir sont juxtaposés dans une lunette dont l'oculaire porte un écran vert sensiblement monochromatique. En déplaçant la lame de verre de façon que son absorption compense celle du milieu trouble, on arrive à l'égalité d'éclairement des plages lumineuses contiguës. Il suffit, à ce moment, de lire le déplacement de la lame. Pour cela, la lame est montée dans un cadre mobile coulissant, à l'aide d'un pignon et d'une crémaillère, dans un cadre fixe. Une graduation se meut avec le cadre mobile et le déplacement est lu sur cette division à l'aide d'un repère porté par le cadre fixe. Connaissant

le déplacement, la droite d'étalonnage donne immédiatement le titre du milieu trouble.

La précision obtenue avec cet appareil est comprise entre 2 et 5 pour 100. Le néphélémètre décrit peut se prêter à de nombreuses applications scientifiques et industrielles : études de la formation des précipités, des vitesses de réaction, dosages de corps par précipitation, titrage d'émulsions microbiennes, colloïdales, essais des plaques photographiques, etc.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la constitution de deux amines cobaltiques.* Note (¹) de M. **Paul Job**, présentée par M. A. Haller.

Werner a attribué aux sels roséo et diroséo cobaltiques les constitutions suivantes :

$$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\H^2O\end{matrix}\right]X^3 \quad \text{et} \quad \left[Co\begin{matrix}(NH^3)^4\\H^2O)^2\end{matrix}\right]X^3,$$

où X est un radical monovalent. La présence des molécules d'eau à l'intérieur du radical complexe n'est guère justifiée que par l'obligation, dans le système de Werner, de maintenir la valeur 6 à la « valence de coordination » du cobalt. Werner admet (²) en outre que ces sels subissent en solution aqueuse une hydrolyse représentée, pour les sels de pentamine, par l'équation

$$(1) \qquad \left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\H^2O\end{matrix}\right]X^3 \rightleftarrows \left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\OH\end{matrix}\right]X^2 + HX.$$

L'étude de la précipitation des sulfates de cobaltamine par la baryte m'a permis un contrôle expérimental très net de la valeur de ces hypothèses.

Si l'on suit par la mesure des résistances électriques la précipitation progressive d'une solution d'un sulfate métallique par une solution de baryte, et que l'on représente graphiquement les variations de conductibilité en fonction du volume de baryte ajoutée (méthode de Dutoit), on obtient, en général, deux droites dont le point de rencontre correspond à la précipitation complète de l'acide sulfurique. Dans le cas du sulfate roséo cobaltique

$$[Co(NH^3)^5]^2(SO^4)^3 5H^2O,$$

au contraire, j'ai obtenu la courbe I, représentée ci-après. Le premier

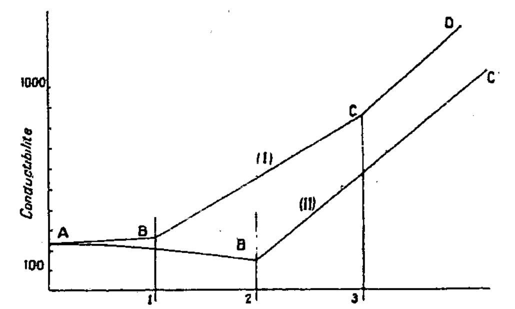
(¹) Séance du 8 mars 1920.

(²) Werner, *Neuere Auschauungen*, etc., 3e édition, p. 232.

point singulier B, nettement marqué, correspond très sensiblement à *la précipitation du tiers seulement de l'acide sulfurique*.

[3g,362 de sulfate roséo ont été dissous dans 1 litre d'eau. Le titrage a été effectué sur 10^{cm^3} de cette solution, soit $0^{mol},00005$ contenant 0,00015 radicaux SO^4. La conductibilité initiale (1) étant 228, le point B correspond à $0^{cm^3},52$ d'une solution de baryte contenant $0^{mol},095$ par litre, soit à $0^{mol},000049$ et à une conductibilité de 280. Le point C, mal déterminé, correspond à $1^{cm^3},55$ environ de baryte et une conductibilité de 900 (2).]

Cette particularité (3) s'explique aisément en adoptant la formule de



Nombre de molécules de baryte par molécule de sulfate ($3SO^4$).

Werner et en supposant que l'hydrolyse (1) est favorisée par l'action de la baryte. Elle se poursuit jusqu'à substitution complète de l'hydroxyle aux molécules d'eau à l'intérieur du complexe, c'est-à-dire jusqu'à précipitation du tiers de l'acide sulfurique :

$$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\ H^2O\end{matrix}\right]^2(SO^4)^3 + Ba(OH)^2 = 2\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\ OH\end{matrix}\right](SO^4)^2 + SO^4Ba + 2H^2O.$$

Le sel hydroxy ainsi formé est une base faible et la conductibilité varie peu. Dans la deuxième phase, l'eau de constitution ayant été entièrement éliminée, les ions hydroxyles nouveaux restent en dehors du complexe et la

(1) Il s'agit ici de conductibilité relative. C'est l'inverse, à un facteur près, de la résistance mesurée.

(2) On peut aussi mesurer les conductibilités des mélanges en proportions variables de deux solutions équimoléculaires de sulfate et de baryte. On obtient un minimum très net de conductibilité pour la précipitation du tiers de l'acide sulfurique.

(3) La soude produit une action analogue à celle de la baryte. La courbe obtenue se compose de deux droites se coupant suivant un angle obtus et dont le point de rencontre mal déterminé correspond à peu près à 2 NaOH pour 1 molécule de sulfate.

conductibilité augmente rapidement (droite BC) :

$$2\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\OH\end{matrix}\right](SO^4)^2 + 2Ba(OH)^2 = 2\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\OH\end{matrix}\right](OH)^2 + 2SO^4Ba.$$

J'ai pu isoler le composé hydroxy produit par l'action de la baryte sur le sulfate roséo molécule à molécule. Il suffit de précipiter par l'alcool avec précaution la solution rouge intense ainsi obtenue, après séparation du sulfate de baryte. La composition du produit cristallin extrêmement soluble dans l'eau, ainsi préparé, correspond très exactement à la formule

$$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\OH\end{matrix}\right]SO^4\,2H^2O$$

Il n'avait pas, à ma connaissance, encore été signalé (¹). On peut titrer cette substance en solution au moyen d'acide sulfurique par la méthode de Dutoit. La courbe, selon nos prévisions, est caractéristique d'une base faible.

J'ai appliqué la même méthode à l'étude de la précipitation du sulfate diroséo

$$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^4\\(H^2O)^2\end{matrix}\right]^2(SO^4)^3$$

par la baryte. Les considérations qui précèdent nous montrent que la réaction doit se produire en deux phases :

1° Élimination des deux molécules d'eau du complexe, *précipitation des deux tiers de l'acide sulfurique* (²), faible variation de conductibilité;

2° Précipitation de l'acide sulfurique restant, augmentation rapide de la conductibilité.

L'expérience a vérifié ces conclusions (courbe II) (³)

[La précipitation a porté sur 20^{cm^3} d'une solution contenant $0^{mol},00325$ par litre, soit sur $0^{mol},000065$ de sulfate. Le point B' correspond à $1^{cm^3},1$ d'une solution de baryte à $0^{mol},119$ par litre, soit à $0^{mol},000131$. A partir du point B', il y a précipitation d'hydroxyde de cobalt.]

En résumé, la précipitation par la baryte des sulfates roséo et diroséo

(¹) Werner a décrit (*Ber.*, t. 40, 1907, p. 4098) des corps analogues où SO^4 est remplacé par Cl^2, Br^2, I^2, $(NO^3)^2$, S^2O^6.

(²) Cette première phase peut elle-même se produire en deux temps correspondant à l'élimination successive des deux molécules d'eau de l'ion complexe.

(³) On obtient des résultats tout aussi nets en mesurant la conductibilité des mélanges en proportion variable de solutions équimoléculaires de sulfate et de baryte.

cobaltiques se produit en deux temps, et la conductibilité des mélanges de solutions de ces sulfates et de baryte présente un minimum correspondant à la précipitation du tiers de l'acide sulfurique pour le sel de pentamine, des deux tiers pour le sel de tétramine. Ces faits et la préparation du sel nouveau

$$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\ OH\end{matrix}\right]SO^4\,2H^2O$$

semblent donner une base expérimentale solide à la formule de constitution admise par Werner pour les sels roséo et diroséo et à son hypothèse sur leur hydrolyse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combustion par le mélange sulfochromique des composés organiques renfermant du chlore.* Note de MM. **J. Guyot** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

La méthode d'oxydation des éthers méthyliques, dont il a été question antérieurement ([1]), par le moyen du mélange sulfochromique n'est autre que celle qui est utilisée dans la méthode de MM. Baubigny et Chavanne pour libérer et doser le chlore et le brome dans les composés organiques qui en renferment. L'extension aux substances chlorées de notre technique était donc *a priori* assurée de la réussite, mais il y avait lieu de protéger le mercure de la jauge contre l'action du chlore qui l'aurait rapidement mise hors d'état de servir.

Pour éviter la présence du chlore et son action sur le mercure de la jauge, il suffit d'introduire une petite quantité de mercure (1^g ou 2^g) dans la fiole laboratoire et d'intercaler entre la fiole laboratoire et la jauge un tube renfermant une toile de cuivre amalgamé d'une longueur suffisante : le chlore y est totalement retenu. Notre attention s'est uniquement portée sur le gaz carbonique résultant de la combustion du carbone, mais il est clair que notre technique porte en elle *le germe d'une méthode de détermination simultanée du chlore et du carbone dans les substances organiques.*

En outre, il se produit fréquemment du phosgène $COCl^2$ qui, à la vérité, ne trouble pas les résultats, quant au carbone, puisqu'il occupe le même volume gazeux que le gaz carbonique, mais que sa toxicité rend indésirable. Pour l'éviter il est bon d'employer un excès d'anhydride chromique qui le

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 514.

transforme en gaz carbonique : cet anhydride est disposé dans le renflement d'un petit tube à boule qui traverse le bouchon de la fiole laboratoire et précède le tube à toile de cuivre amalgamé dont il est question plus haut.

Résultats. — 1° Le chlorosulfonate de méthyle $SO^2Cl(OCH^3)$ est ainsi complètement brûlé, il peut être dosé de cette manière en présence d'autres liquides chlorés tels que la chlorhydrine sulfurique, les chlorures d'arsenic et d'étain et même en présence de chlorosulfonate d'éthyle qui, dans les mêmes conditions de température et de durée, ne participe à la combustion que dans une mesure très faible. Le chloroformiate de méthyle $COCl(OCH^3)$ est complètement brûlé.

Le chloroformiate d'éthyle $COCl(OC^2H^5)$ fournit *dans les mêmes circonstances* le tiers du gaz carbonique que suppose sa composition : seul est transformé le carbone du radical acide; le carbone du radical éthylique n'est oxydé que lentement et progressivement.

2° Il a été dit (*loc. cit.*) que l'acide acétique résistait à l'oxydation sulfochromique; ses dérivés de substitution sont au contraire complètement brûlés :

	C (pour 100)	
	trouvé.	calculé.
$CH^2Cl - CO^2CH^3$..........	33,54-33,12	33,18
$CHCl^2 - CO^2CH^3$..........	24,84-25,17	25,17
$CCl^3 - CO^2CH^3$..........	20,45-20,23	20,28

L'oxydation est un peu moins rapide pour les deux derniers que pour le premier.

Pour le monochloracétate *d'éthyle*, l'oxydation ne porte pas sur le radical éthylique et fournit donc un volume de gaz carbonique un peu supérieur *à la moitié* de ce que fournirait la combustion complète.

3° La conduite si différente de l'acide acétique et de ses dérivés chlorés de substitution trouve son explication dans l'action comparée du mélange sulfochromique sur les hydrocarbures d'une part et les hydrocarbures chlorés d'autre part. Le Tableau suivant, où sont portés les nombres trouvés, et d'autre part la valeur calculée pour la proportion centésimale de carbone, rassemble les résultats expérimentaux effectués dans les conditions les plus comparables.

Hydrocarbures.

	C (pour 100) trouvé.	C (pour 100) calculé.
C^6H^{14} β-méthylpentane	52,8	83,7
$C^{10}H^{22}$ 2.6-diméthyloctane	56,6	84,5
C^6H^{12} cyclohexane	78,2-79,5-81,4	85,7
C^7H^{14} méthylcyclohexane	80,8-80,0-75,5	»
C^8H^{16} métadiméthylcyclohexane	76,7-76,9	»
C^6H^6 benzène	78,8-72,8-79,1	92,3
C^7H^8 toluène	79,7-79,9	91,3
Essence de pétrole de Perse	62,5-62,2-63,15	85
Essence de pétrole de Bornéo (D_1)	58,2-54	85
Essence de pétrole de Bornéo (D_2)	65 -63,7	86

Carbures chlorés.

		C. (pour 100) trouvé.	C. (pour 100) calculé.
CCl^4	40°	7,65- 7,74	7,79
$CHCl=CHCl$	<30	23,37-23,19	24,74
$CHCl=CCl^3$	30	18,35-18,16-18,17	18,25
$CCl^2=CCl^2$	45	14,45-14,38	14,19
CH^2Cl-CH^2Cl	40	24,15-24,53-24,45	24,24
$CHCl^2-CHCl^2$	55	14,16-14,55-14,37	14,28
$CHCl^2-CHCl^3$	70	7,80	11,85
CCl^3-CCl^3	-	0,05	10,1
C^6H^5Cl	30	63,3 -63,5 -63	64

La comparaison des deux Tableaux pourrait se passer de commentaires : la combustion des hydrocarbures toujours très incomplète s'oppose à celle des produits chlorés qui est pratiquement totale, sauf pour le pentachloréthane et surtout pour l'hexachloréthane où l'accumulation du chlore finit par s'opposer à la réaction.

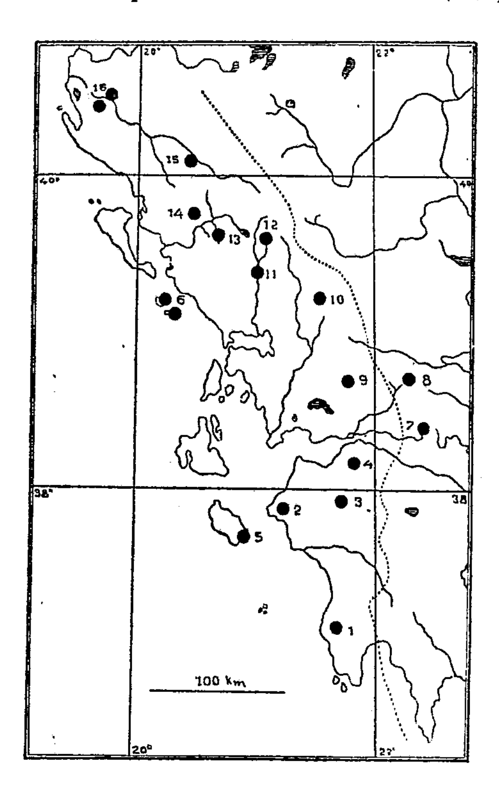
Les carbures acycliques saturés résistent plus encore que les carbures aromatiques ou cycliques saturés pris isolément ou en mélange.

Les carbures chlorés non saturés résistent moins bien que les produits, saturés par du chlore, qui leur correspondent, et cette résistance s'accroît à mesure que la teneur en chlore augmente : cette hiérarchie dans la résistance se manifeste par la température d'amorçage de la réaction marquée dans la première colonne.

GÉOLOGIE. — *Sur la zone hydrocarburée de la Grèce occidentale.* Note (1) de M. CONST.-A. KTÉNAS.

Les hydrocarbures connus en Grèce se présentent dans une *zone bien caractérisée au point de vue stratigraphique et tectonique*, qui se poursuit depuis la Messénie jusqu'à l'Albanie méridionale sur une longueur de 450^{km}. Les gisements se répartissent entre le Péloponèse occidental, les îles Ioniennes, l'Étolie et le Parnassis, l'Épire et l'Albanie (2).

Parmi les gîtes du Péloponèse, il faut citer le calcaire éocène à asphalte, 3, de Marathos, 1, et les traces de naphte de la source de Lintsi, 2, qui se trouve dans les



couches du Pliocène gypsifère. On y rencontre en outre des grès compacts et des schistes siliceux bitumineux près de Divri, dans le système montagneux d'Olonos et au-dessous du village de Souli, 4, sur le versant méridional de Voïdias; ces derniers

(1) Séance du 1er mars 1920.

(2) Parmi les savants qui ont contribué à la connaissance de ces gisements il faut citer Coquand, Fiedler, Philippson, Christomanos et Martelli.

gisements appartiennent aux couches triasiques ou jurassiques de la nappe de chevauchement sur les flysch.

Quant aux îles Ioniennes, on y constate des hydrocarbures à l'île de Zante, 5, et aux îles de Paxi, 6. Dans ces dernières ils consistent en calcaires éocènes à asphalte, tandis qu'à Zante, différents niveaux de pissasphalte s'intercalent entre les couches du Plaisancien salifère et peut-être aussi du Portonien (calcaire de Zeitha).

Dans la Grèce continentale, une série des gîtes, semblables, au point de vue minéralogique, stratigraphique et tectonique, aux 3 et 4, se poursuit depuis les Alpes d'Étolie jusqu'au Pinde, 9, 10 et 12. Parallèlement à cette ligne bien marquée se présentent, du côté de l'Est, les ensises de Drémisa, 8, et de Galaxidi, 7; la première comprend de l'asphalte et du pissasphalte dans des grès et conglomérats du Crétacé supérieur (flysch postsénonien).

A l'ouest du Pinde ou dans ses plis anticlinaux il faut signaler, entre autres, des affleurements d'hydrocarbures à Vordo, 11 (Vallée de la Molitsa), et à Bajousous, 13; dans le grès et le calcaire du Miocène moyen (Portonien) salifère qui affleure, en fenêtre, dans les anticlinaux. Plus au Nord, à Lavdani, 14, et à Éléousa, 15, se rencontrent d'autres gisements d'asphalte; la traînée hydrocarburée se termine à Sélénitsa (1), 16; il s'agit là d'hydrocarbures solides et fluides au milieu des grès et des conglomérats du Plaisancien salifère (2).

Cet aperçu montre que la zone hydrocarburée de la Grèce coïncide avec « le système de la Grèce occidentale » de Philippson (3). Au point de vue tectonique, ce système se caractérise par *des plis alpins de direction générale* NNO-SSE (4); la stratigraphie de cette partie de la Grèce comprend un *développement considérable du flysch*, en partie crétacé, en majeure partie éocène et oligocène (5). D'autre part, une série puissante de couches secondaires et éocènes (système d'Olonos) repose sur le flysch, le plus souvent dans des conditions anormales, en formant des nappes de chevauchement et des plis renversés (voir sur ce sujet les publications de Philippson, Cayeux, Négus, Kténas et Renz).

Parmi les gisements d'hydrocarbures, quelques-uns, 5, 2, 16, se trouvent

(1) C. Nicolescu, *Bulletin de la Section Sc. de l'Académie roumaine*, t. 3, 1914, p. 23. Le Miocène de l'Epire présente au point de vue lithologique (formations marines, en parties littorales avec produits d'évaporation) et paléontologique une analogie frappante avec le Miocène de l'île de Crète, si bien analysé ici-même par Cayeux (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 637).

(2) C'est le seul gisement qui a pris jusqu'à présent un développement économique.

(3) *Annales de Géographie*, 1898, et *Petermanns Mitteilungen*, 1914.

(4) C'est la constance dans la direction des plis qui me conduit à considérer la traînée hydrocarburée de la Grèce comme une unité, pour ainsi dire, indépendante des autres gisements d'hydrocarbures trouvés dans la côte est de l'Adriatique (voir de Launay, *Traité de Métallogénie*, t. 1, 1913, p. 602).

(5) Même Miocène d'après Nicolescu, p. cit.

dans des couches qui n'ont pris part qu'accidentellement aux plissements du Tertiaire. Les assises 3, 4, 9, 10 et 12, qui, au point de vue lithologique, forment une catégorie spéciale, se présentent, au contraire, pour la plupart dans la série déversée et chevauchée.

Vu la composition et l'allure anormale de ces gisements triasiques ou jurassiques, on ne peut pas admettre qu'ils ont donné naissance, par distillation, aux hydrocarbures plus récents; c'est plutôt dans le flysch qu'on doit chercher un milieu présentant toutes les conditions favorables pour la formation des assises primitives. Il faut noter en outre que les couches du flysch contiennent, par endroits, des nombreuses empreintes végétales et des petits amas de houille piciforme. Les sondages qu'on va exécuter pour la recherche du pétrole devront être poursuivies au moins jusqu'aux couches gréseuses éocènes.

La zone hydrocarburée de la Grèce se rapproche de celle d'Emilie (Apennins) et de celle des Carpathes; cette dernière, si bien étudiée par M. Mrazec et ses collaborateurs, offre des analogies tectoniques et stratigraphiques frappantes avec la moitié nord de la zone grecque ([1]).

En terminant, il faut remarquer que la Grèce occidentale, par opposition à l'Egéide, est totalement dépourvue des formations volcaniques tertiaires ou récentes; on note seulement la présence des plantes plutoniennes basiques et suprabasiques, surtout dans la partie nord (chaîne du Pinde), leur mise en place n'a pas dépassé l'Éocène.

GÉOLOGIE. — *Observations sur les phénomènes de charriage du centre de la Sierra de Majorque (Iles Baléares).* Note ([2]) de M. **P. Fallot**, transmise par M. Kilian.

En 1914, j'ai indiqué ([3]) que la partie ouest de la Sierra de Majorque est constituée par des *écailles* superposées dont le charriage, effectué du Sud-Est vers le Nord-Ouest atteint un minimum de 10^{km}. Comme il était à prévoir, ces éléments tectoniques ont été retrouvés vers l'Est. En parti-

---

([1]) La zone hydrocarburée de la Grèce comprend en outre d'autres gisements, comme à l'île d'Ithaque, à l'île de Corfou, à Paramythia et à Parga (côte de l'Epire); leurs relations géographiques sont pourtant encore mal connues.

([2]) Séance du 15 mars 1920.

([3]) P. Fallot, *Sur la tectonique de la Sierra de Majorque*, et *Sur la stratigraphie de la Sierra de Majorque* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 645 et 817).

culier, le très perspicace géologue qu'est M. Darder ([1]) a mentionné la présence du Jurassique charrié sur le Néogène jusqu'à la Cala San Vicente, à l'extrémité nord-est de la Sierra. Il reste à raccorder les observations qui ont été faites jusqu'ici afin de déterminer la part qui revient dans l'ensemble de la chaîne à ces diverses unités tectoniques. Les observations récentes qui font l'objet de cette Note pourront peut-être aider à élucider la question.

Les éléments charriés dont j'avais signalé l'extension jusqu'aux abords de Soller se poursuivent vers le Nord-Est. Mais ils changent d'allure et, à partir des abords de la Sierra Alfabia et du Puig Mayor, toute la cordillère revêt, au moins dans sa partie médiane, une structure étroitement imbriquée qui affecte plus spécialement l'élément tectonique principal, mentionné plus loin sous le n° III.

Une coupe faite par le massif du Puig Mayor, en partant de la mer et en se dirigeant vers le Sud-Est, perpendiculairement à l'axe de la Sierra, montre quatre éléments tectoniques superposés.

I. La *série inférieure* est formée de Trias à Spilites, puis de Dolomies (Ladinien et Carnien pour M. Darder). Sur le Trias reposent les calcaires saccharoïdes du Lias. Cet ensemble puissant et rigide constitue sur 2^{km} à 3^{km} de large la bordure nord de l'île au nord-est de Soller; il est coupé par les falaises à pic dont les crêtes dominent la mer de 200^{m} à 300^{m}.

C'est à cette série qu'appartiennent les assises de base de la montagne de Sa Commune ainsi que les grandes étendues de calcaire ruiniforme qui se suivent par le P. de Sa Costera (825^{m}) jusque sous le massif charrié du Puig Roig.

Aux endroits où ils ont été protégés par des terrains en recouvrement, des marnocalcaires du Jurassique moyen, puis des grès et poudingues miocènes à *Clypeaster*, *Scutella* et *Amphistegina* couronnent la série I. Ainsi, sous la montagne de Sa Commune, le Miocène peut être suivi depuis le nord de Fornalutx, où il est mylonitisé, par le col du chemin de Moncarre (grès à Scutelles et Clypéastres) jusqu'à Moncarre et Bini ([2]).

II. Ces terrains néogènes supportent une *écaille* qui constitue l'élément principal du sommet de Sa Commune et qui, coincée, entre son substratum et la masse du Puig Mayor, s'écrase vers le Nord-Est. Cette écaille est formée de la même série stratigraphique que la précédente. Le Trias y est rendu friable par les roches éruptives qu'il

([1]) B. Darder Péricas, *El triasico de Mallorca* (*Trabajos del Museo Nacional de Ciencias naturales : Seria geologica*. Mém. 7, 1914).

([2]) Les intéressantes coupes (*fig.* 2 et 11) de M. Darder ne portent pas l'indication de ce Tertiaire; les retours d'assises secondaires y sont attribuées à des failles. Le charriage que je signale semble toutefois très net.

contient et qui déterminent dans la topographie une suite de dépressions cultivées, du col de Moncarre au col de Bini et aux maisons de ce nom. Toutefois, la base du Miocène comporte ici des couches à plantes dans lesquelles, par une série de galeries qui jalonnent les affleurements de ce terrain, les habitants ont recherché des lignites, d'ailleurs inexploitables (S'Clot, et Chemin de Lluch par le nord de P. Mayor).

III. Cette écaille est à son tour surmontée par toute la masse du Puig Mayor qui appartient à l'élément tectonique le plus important de cette région. Cet élément comporte du Trias, identique à celui des termes inférieurs, du Lias, du Jurassique moyen, du Tithonique et du Néocomien. Le Miocène y semble remplacé par des poudingues nummulitiques, comme dans les nappes supérieures de l'extrémité occidentale de l'île. Toutes ces couches disposées en plis isoclinaux ou en écailles imbriquées sont poussées du Sud-Est et se redressent en apparence contre l'obstacle formé par la série I. Les arêtes saillantes de ces imbrications constituent, parallèlement à l'axe de la Sierra, le chaînon Alfabia-Bonnaba culminant du Puig Mayor (1443^{m}), puis, plus au Sud, le chaînon P. Cuba-Tossals, culminant au Puig Masanella (1350^{m}). Toute la région de Buñola au Puig Suro et vraisemblablement à la Casa des Guix, au sud de Lluch, doit sans doute être rattachée à ce même ensemble.

IV. A 4^{km} à l'est de Soller, sur la tranche des couches de la série III qui comporte ici le Lias, le Jurassique moyen, le Tithonique et le poudingue nummulitique, redressés en plis très serrés, repose la masse triasique et liasique du Puig L'Ofre et du Puig Cuba. Ce *témoin*, complexe, appartient à une *nouvelle série*, vraisemblablement à celle dont la masse (puissante de 4^{m} à 500^{m}) chevauche à la Mola de Son Cabaspre, au Puig d'Alaro et dans tout le petit massif qui sépare la vallée d'Orient du bourg d'Alaro, les assises, déjetées vers le Nord, de la série III.

Ce chevauchement s'observe avec une netteté remarquable dans la vallée qui descend d'Orient par Son Torellas et dont le versant Est est pris en écharpe par le plan de charriage, de la côte 650 Est de Rafal jusqu'à Son Oliver, sur près de 3^{km}.

Cette quatrième unité tectonique, dont les termes supérieurs sont constitués par les lignites garumniens de Binisalem et de puissantes assises de poudingues nummulitiques, s'enfonce sous la plaine quaternaire qui coupe l'île entre les baies de Palma et d'Alcudia.

L'étude détaillée de ces dislocations conduira peut-être à modifier l'interprétation proposée ci-dessus qui ne doit être tenue que pour un premier schéma. Quant aux éléments stratigraphiques, leur énumération, obligatoirement laconique, ne préjuge en rien de leur détail.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'absorption des rayons corpusculaires pénétrant dans l'atmosphère terrestre en suivant des trajectoires non rectilignes.* Note [1] de M. **Carl Störmer**, présentée par M. Appell.

Dans les lignes suivantes, nous allons donner un court résumé des études d'absorption que nous avons entreprises pendant le travail de mesure d'un grand nombre de photogrammes d'aurore boréale, obtenus soit à Bossekop en 1913, soit à Christiania pendant ces dernières années.

Les études d'absorption publiées jusqu'ici ne considèrent que le cas de trajectoires *rectilignes*. Cependant, le cas général, c'est celui où le corpuscule suivra une trajectoire courbe. Sans atmosphère, cette trajectoire sera approximativement une hélice sur un cylindre de révolution; nous allons voir que si la résistance de l'atmosphère agit comme une force opposée à la vitesse, la trajectoire *sera encore une hélice, mais sur un cylindre plus général.*

Considérons, en effet, le mouvement d'un corpuscule électrique dans un milieu résistant sous l'action d'un champ magnétique. Supposons que la résistance est dirigée le long de la tangente et opposée à la direction du mouvement. Soit S la surface engendrée par des lignes de force magnétique passant par la trajectoire. Alors l'action déviatrice du magnétisme est normale à la tangente et à la force magnétique, donc normale à la surface S, et comme la résistance est dirigée le long de la tangente, la résultante K de ces deux forces sera situé dans un plan passant par la normale à la surface. Comme la résultante est située dans le plan osculateur de la trajectoire, ce plan passera par la normale et *la trajectoire sera donc ligne géodésique sur la surface* S; cette trajectoire sera parcourue avec vitesse *variable;* seulement, si la résistance est nulle, la vitesse sera constante et l'on retombe sur un résultat bien connu.

Cela posé, considérons la trajectoire d'un rayon corpusculaire dans l'atmosphère; le long de celle-ci on peut considérer la force magnétique comme constante en grandeur et en direction de manière que la surface S sera *un cylindre;* en développant ce cylindre sur un plan, la trajectoire devient donc une ligne droite; *donc la trajectoire sera une hélice qui partout fait le même angle avec les lignes de force magnétique.* Dans le vide, la section normale du cylindre sera un cercle; dans l'atmosphère, elle sera une

[1] Séance du 8 mars 1920.

spirale parce que la vitesse et par conséquent le rayon de courbure vont en diminuant à cause de la résistance.

Supposons avec Hann, Humphrys et Wegener ([1]) que l'atmosphère supérieure soit en équilibre isothermique, de manière que la distribution des différents gaz suive la loi de Dalton. Alors la densité à la hauteur h centimètres au-dessus du sol sera donnée par une formule que voici :

$$\delta = \Sigma \alpha_k e^{-\beta_k h}, \tag{1}$$

les α_k et β_k étant des nombres indépendants de h et la somme étant étendue aux divers gaz de l'atmosphère supérieure.

Considérons d'abord le cas de rayons cathodiques et rayons β de radium et supposons avec Lenard ([2]) et d'autres que le long d'une trajectoire formée d'un faisceau de rayons homogènes pareils, l'absorption aura lieu d'après la loi exponentielle, de manière que la vitesse reste constante, tandis que l'intensité dans le sens de Lenard varie pour devenir nulle à l'absorption complète. Alors la trajectoire sera une hélice sur un cylindre de révolution, dont le rayon cependant n'excède pas quelques centaines de mètres, même pour les rayons β les plus rigides; cette dernière circonstance permet de simplifier considérablement le calcul, de manière qu'on arrive à la formule suivante :

$$l_n \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{I}_0} = -\frac{a}{\cos\theta \cos\alpha} \sum \mu_k e^{-\beta_k h}, \tag{2}$$

où I_0 est l'intensité initiale dans le vide, a une constante caractéristique pour la pénétrabilité des rayons, θ l'angle entre la force magnétique et la verticale et α l'angle entre l'hélice et la force magnétique. Enfin les μ_k et β_k sont des constantes indépendantes de a, θ, α et h.

On en tire que la courbe d'intensité correspondant à $a = a_0$ et $\alpha = \alpha_0$ est identique à la courbe d'intensité correspondant à la trajectoire *rectiligne* où $a = \frac{a_0}{\cos\alpha_0}$.

Considérons maintenant le cas de rayons α. L'absorption et la luminosité le long d'une trajectoire rectiligne a été étudiée par Végard ([3]). Pour plus de simplicité, considérons le cas où la force magnétique est verticale, ce qui

---

([1]) Voir A. Wegener, *Thermodynamik der Atmosphäre*, Chap. VI.

([2]) Voir Lenard, *Ueber die Absorption der Nordlichtstrahlen, etc.*, Heidelberg, 1911.

([3]) Végard, *Nordlichtuntersuchungen*, *Videnskabsselskabets Skrifter*, 1916, Christania.

aura lieu au-dessus des pôles magnétiques de la Terre, et soit α l'angle constant entre la trajectoire et la verticale. Alors la vitesse à la hauteur h sera donnée par la formule

$$(3) \qquad v = v_0\left(1 - \frac{x}{r_0}\right)^{\frac{1}{3}},$$

où v_0 est la vitesse initiale dans le vide, r_0 le parcours du rayon α dans l'air ordinaire et où

$$(4) \qquad x = \frac{3,8}{D_0 \cos\alpha} \sum \frac{\alpha_k e^{-\beta_k h}}{\beta_k \sqrt{A_k}}.$$

Ici, pour chaque cas, α_k et β_k sont les mêmes que dans la formule (1), A_k est le poids atomique et D_0 est la densité de l'air ordinaire.

Les équations d'hélice parcourues par le rayon peuvent aisément être trouvées par des quadratures; en effet, soit σ l'arc de la section normale du cylindre correspondant; le rayon de courbure R en un point de la section sera alors

$$R = \frac{m}{e} \frac{\sin\alpha}{H} v,$$

où m et e sont la masse et la charge du corpuscule, H la force magnétique et v est la fonction de h définie par les équations (3) et (4); comme, d'autre part, σ est fonction linéaire de h, R devient fonction connue de l'arc σ, ce qui permet de trouver les équations de la section par des quadratures.

La trajectoire étant ainsi connue, on peut, comme Végard l'a fait pour une trajectoire rectiligne, calculer l'ionisation et la luminosité en chaque point et les comparer avec les phénomènes d'aurore boréale photographiés.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'utilisation des cirrus pour la prévision du temps.* Note de MM. **G. Reboul** et **L. Dunoyer**.

L'étude de la distribution nuageuse dans le voisinage des dépressions montre qu'à l'avant de ces perturbations il y a, en général, une éclaircie (disparition de nuages bas) et que cette éclaircie laisse voir des nuages du type cirrus [1]. On utilise depuis longtemps l'apparition de ces cirrus ou de cette éclaircie pour prévoir l'arrivée ou le déplacement des dépressions isobariques. Il n'est pas un seul livre de Météorologie qui ne dise que l'apparition de cirrus est l'indice de l'approche du mauvais temps.

---

[1] Shaw, *Forecasting Weather*, p. 81 à 98.

Comme tous ceux qui ont fait de la prévision du temps, nous avons eu à appliquer cette règle des cirrus; aussi nous a-t-il paru utile de contrôler les résultats qu'elle donne, d'établir ce que nous appelons son *coefficient de certitude* (rapport du nombre de cas favorables au nombre total de cas observés), et de chercher dans quelles conditions ce coefficient a la plus grande valeur possible.

Telle qu'on l'applique en général, la règle peut se subdiviser en trois parties d'inégale importance au point de vue de la prévision et faciles à contrôler séparément :

1° *L'apparition de cirrus en un point indique l'existence d'une dépression dans le voisinage plus ou moins immédiat de ce point;*

2° *La direction de déplacement des cirrus indique la direction dans laquelle se trouve la dépression ainsi que la direction à prévoir pour sa marche;*

3° *L'abondance et la rapidité des cirrus indiquent la profondeur et la vitesse de déplacement de la dépression.*

Les observations sur lesquelles a porté notre contrôle ont été faites à la station du plateau de Malzéville, où l'horizon très dégagé facilitait l'observation du ciel. Le contrôle se fait en notant sur le registre des observations horaires l'apparition, l'abondance et la vitesse des cirrus, et en rapprochant ces données de la position, de la direction et de la vitesse de déplacement des dépressions que révèlent les cartes météorologiques du jour de l'observation et de son lendemain. Le contrôle a porté sur les observations de janvier à octobre 1916, et sur celles de juillet 1917 à juillet 1918; voici les résultats qu'il donne :

1° *L'apparition de cirrus en un point indique l'existence d'une dépression dans le voisinage plus ou moins immédiat de ce point.*

De juillet 1917 à juillet 1918, nous trouvons 118 cas où peut s'exercer le contrôle, avec 110 cas favorables, ce qui donne un coefficient de 0,93.

En examinant séparément les cas correspondants aux semestres d'été et d'hiver ainsi que ceux des cirrus de direction E ou W, on obtient:

Semestre d'été, 0,92; semestre d'hiver, 0,94.

Cirrus venant des régions W, 0,96; cirrus venant des régions E, 0,81.

2° *La direction de déplacement des cirrus indique la direction dans laquelle se trouve la dépression.*

Les coefficients obtenus sont les suivants :

Semestre d'été, 0,84; semestre d'hiver, 0,81.

Cirrus venant des régions W, 0,91; cirrus venant des régions, E 0,57.

3° *La direction de déplacement des cirrus indique la direction de marche de la dépression.*

Coefficient de certitude :

Semestre d'été, 0,67; semestre d'hiver, 0,60.

Cirrus venant des régions W, 0,76; cirrus venant des régions E, 0,43.

Dans le contrôle des parties 2 et 3, nous avons considéré comme favorables les cas où la direction de déplacement des cirrus et celle où se trouvait, et suivant laquelle se déplaçait la dépression, ne différaient pas de plus d'un quadrant (90°).

4° *Les cirrus de grande vitesse font prévoir un déplacement rapide de la dépression.*

Dans la période s'étendant de janvier à octobre 1916, nous trouvons que sur 22 cas il y a 16 cas favorables, ce qui donne un coefficient de 0,72. De juillet 1917 à juillet 1918, nous trouvons 13 cas favorables sur un total de 19, ce qui donne un coefficient de 0,68.

Enfin, si l'on examine séparément les cas des cirrus des régions E ou W, on trouve que, sur 14 cas de cirrus de région W, il y en a 12 favorables à la règle, tandis que sur 5 cas de cirrus de région E, un seul serait favorable à la règle.

Dans ce qui précède, nous considérons comme rapides les cirrus ayant comme vitesse 4 et 5. La vitesse étant mesurée à la herse néphoscopique, l'échelle de mesure s'étendait de 0 à 5. On considère comme rapides les dépressions qui, en 24 heures, se déplacent de plus de 1000^{km}.

5° *Des cirrus abondants indiquent, ou que la dépression est dans le voisinage du lieu d'observation, ou qu'elle est profonde.*

Ainsi pendant les huit premiers mois de 1916 nous trouvons 39 observations de cirrus abondants. Sur ces 39 cas, 12 correspondent à des dépressions qui sont sur la France ou qui en sont très voisines; 27 à des dépressions relativement éloignées, et, sur ces 27 derniers cas, nous en trouvons 18 qui correspondent à des dépressions profondes (pression inférieure à 750^{mm}) et 9 pour lesquelles la pression est comprise entre 750^{mm} et 760^{mm}.

Cela correspondrait à un coefficient de 0,77 pour la règle telle que nous l'énonçons, et à un coefficient de 0,66 si l'on ne parle que de la profondeur de la dépression.

On voit que la règle des cirrus n'est utilisable qu'en en restreignant l'application aux cirrus d'Ouest. Il faut également la restreindre aux régions

du nord ou de l'est de la France. Dans le Sud-Est par exemple, où le temps est souvent commandé par les dépressions méditerranéennes, il serait imprudent d'attacher aux cirrus une aussi grande importance. Ce sont malheureusement les parties 3, 4 et 5 de la règle qui se vérifient le moins bien, alors que ce sont les seules intéressantes au point de vue de la prévision. En outre, la distinction des cas favorables ou défavorables est parfois assez difficile à faire : ainsi nous considérons comme favorables tous les cas où les cirrus indiquent le mouvement des dépressions; or une dépression qui se trouve sur le nord de l'Angleterre, et dont on prévoit un mouvement vers l'Est, peut venir sur le sud de la Norvège ou sur le nord de la France; dans les deux cas on considère que la vérification est bonne; il est cependant bien évident que le temps résultant pour nos régions ne sera pas le même suivant qu'elle aura suivi l'un ou l'autre chemin.

Ainsi la règle des cirrus présente, au point de vue de la prévision du temps, la même infirmité que toutes les autres règles en usage, et il est prudent de l'appliquer en lui adjoignant un coefficient de certitude dont nous indiquons plus haut l'ordre de grandeur.

L'emploi isolé d'une règle quelconque de prévision du temps expose, surtout dans les cas délicats, à d'assez cruelles déceptions : c'est dans ces cas que l'application méthodique et simultanée de l'ensemble des règles permet de se rendre compte du degré de certitude de la prévision que l'on fait.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température des hautes couches atmosphériques.* Note (1) de M. V. Bjerknes, présentée par M. Appell.

Considérons d'un autre point de vue les phénomènes discutés dans une Note précédente (2).

D'après la découverte brillante de Teisserenc de Bort, qui a été refaite indépendamment aussi par M. Assmann, l'atmosphère consiste en deux couches différentes, appelées maintenant la *troposphère* et la *stratosphère*. Dans la première, on a un gradient de température vertical qui s'approche de la valeur adiabatique, en étant réglé par les circulations thermiques produites à la surface de la Terre. Dans la seconde, on ne trouve

(1) Séance du 8 mars 1920.
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 604.

plus de décroissement accentué de température avec la hauteur, montrant qu'il n'y existe plus de circulations verticales très marquées. En passant de la troposphère à la stratosphère, on trouve en général une inversion de température, et en même temps des mouvements très faibles relativement à la Terre.

Considérons donc une surface de discontinuité où la densité de l'air change subitement de la valeur ρ_2 au-dessous à ρ_1 au-dessus, tandis que la vitesse angulaire change de ω_2 à ω_1. Une analyse très simple conduit à l'équation différentielle

$$(3) \qquad \frac{dz}{dx} = -\frac{X}{Y} + \frac{x}{Y}\frac{\rho_2\omega_2^2 - \rho_1\omega_1^2}{\rho_2 - \rho_1}$$

pour cette surface de discontinuité.

Cette équation diffère de celle des surfaces isobares seulement par le fait qu'à la fonction ω^2 on a substitué l'expression

$$(4) \qquad \omega'^2 = \frac{\rho_2\omega_2^2 - \rho_1\omega_1^2}{\rho_2 - \rho_1}.$$

Si l'on a $\omega_2 = \omega_1 = \omega$, cette expression se réduira à ω^2. Donc, s'il y a un changement brusque de la densité, mais pas de la vitesse, la surface de discontinuité coïncidera avec une surface isobare. En se souvenant, de plus, qu'on a toujours $\rho_2 > \rho_1$, on arrive immédiatement aux conclusions ultérieures suivantes :

Si la couche inférieure a la plus grande des deux vitesses angulaires, $\omega_2 > \omega_1$, on obtient $\omega' > \omega_2 > \omega_1$, et la surface de discontinuité affecte une forme plus aplatie que les surfaces isobares de l'une ou de l'autre couche.

Si la couche inférieure a la plus petite des deux vitesses angulaires $\omega_2 < \omega_1$, on obtient $\omega' < \omega_2 < \omega_1$, et la surface de discontinuité présentera une forme moins aplatie que les surfaces isobares des deux couches, ou même une forme qui n'est plus aplatie, mais allongée dans la direction de l'axe terrestre. Maintenant la vitesse angulaire de la stratosphère ne diffère pas beaucoup de celle de la Terre, $\omega_1 = \Omega$. Mais celle des couches supérieures de la troposphère est plus grande, $\omega_2 > \Omega$, excepté une zone étroite des deux côtés de l'équateur, et peut-être aussi les zones centrales polaires.

Mais ces exceptions n'affectent pas le fait général : la surface de séparation de la stratosphère et de la troposphère affecte une forme plus aplatie que les surfaces isobares dans la troposphère, qui sont de leur part plus aplaties que les surfaces de niveau.

Ainsi la surface limite entre la stratosphère et la troposphère doit se

trouver à un niveau plus élevé près de l'équateur que dans les régions polaires, conformément à ce qu'ont montré les sondages aérologiques.

La théorie que nous venons de développer s'applique aussi à la discussion de la température des hautes couches au-dessus des cyclones et des anticyclones, et à la forme qu'affecte ici la surface de séparation entre la troposphère et la stratosphère.

On décompose la rotation de la Terre en deux composantes, dont une autour du rayon de la Terre passant par le centre du cyclone ou de l'anticyclone, et une autour d'un axe normale à la première. Celle-ci peut être négligée dans la première approximation, tandis que la première s'ajoute à la vitesse angulaire que possèdent les masses d'air relativement à la Terre. On voit donc que la vitesse angulaire des cyclones est plus grande et celle des anticyclones plus petite que celle que possède la Terre autour du même axe.

Maintenant les mouvements cycloniques ou anticycloniques sont des mouvements locaux qui ne peuvent plus exister dans des couches assez élevées. On en tire facilement, par un raisonnement analogue à celui que nous avons appliqué dans la première Note, le résultat suivant : Dans les parties les plus hautes d'un cyclone on trouvera des températures plus élevées, dans les parties les plus hautes d'un anticyclone des températures plus basses qu'ailleurs dans le même niveau.

En appliquant d'un autre côté la formule (3), on trouve le même résultat dans la forme spéciale suivante :

Au-dessus d'un cyclone la surface limite entre la troposphère et la stratosphère présente une dépression, et au-dessus d'un anticyclone par contre une élévation.

Ce phénomène très frappant a été le sujet de réflexions différentes. Il importe de remarquer que, d'après l'analyse précédente, ces élévations ou dépressions ne sont nullement les causes de la formation des cyclones et des anticyclones. Ils sont au contraire des effets simples du mouvement cyclonique ou anticyclonique.

M. J.-V. Sandström [1] a abordé le premier, dans deux Mémoires très

---

[1] J.-V. SANDSTRÖM : *Ueber die Beziehung zwischen Temperatur und Luftbewegung in der Atmosphäre unter stationären Verhältnissen. Ofversigt af k. Vetenskaps Akkademien Forhandlinger* (Stockholm, 1901); — *Ueber die Temperaturverteilung in den aller höchsten Luftschichten ; Arkiv för Math., Astr. och Fysik* (Stockholm, 1907).

peu connus, la discussion des questions qui forment le sujet de nos deux Notes. A l'aide d'une application ingénieuse du théorème de la formation des circulations, il est arrivé essentiellement aux mêmes résultats. L'analyse plus directe que je viens de donner ici montre bien nettement la relation intime des températures avec les forces centrifuges dans l'atmosphère.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la respiration des plantes parasitées par des Champignons.* Note de M. G. NICOLAS, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous ne savons que très peu de chose sur l'influence qu'exercent les Champignons parasites sur les principales fonctions des végétaux; seules, quelques recherches ont montré que ces organismes exagèrent la transpiration et que les Fumagines, qui constituent le groupe des ectophytes vrais ou pseudoparasites, entravent l'assimilation chlorophyllienne et la respiration (1).

J'ai entrepris une étude générale de la physiologie des plantes parasitées et je vais exposer ici les résultats relatifs à leur respiration. J'ai utilisé pour ces recherches la méthode de l'air confiné en tenant compte des critiques très judicieuses adressées à cette méthode par MM. Maquenne et Demoussy (2). Mes expériences, faites comparativement sur des tiges, des pétioles, des limbes foliaires ou des inflorescences sains et parasités, n'ont pas duré plus de trois heures, la plupart une heure seulement, et les organes étaient toujours placés, aussitôt après leur récolte, à l'obscurité pendant deux heures, afin de saturer leur suc cellulaire d'anhydride carbonique.

	Organes sains.			Organes parasités.		
	CO^2 gr. h.	O gr. h.	$\frac{CO^2}{O^2}$.	CO^2 gr. h.	O gr. h.	$\frac{CO^2}{O^2}$.
Mercurialis ambigua et *Melampsora pulcherrimum*..	0,1595	0,1642	0,97	0,3616	0,3803	0,95
	0,1425	0,1507	0,94	0,5777	0,5971	0,96
	0,1587	0,1587	1,00	0,2718	0,2812	0,96
Smyrnium Olusatrum et *Puccinia Smyrnii*............	0,1380	0,1925	0,71	0,1651	0,2195	0,75

(1) NICOLAS, *De l'influence qu'exercent les Fumagines sur l'assimilation chlorophyllienne et la respiration* (*Rev. gén. Bot.*, t. 25, 1913, p. 385-395).

(2) *Nouvelles recherches sur les échanges gazeux des plantes vertes avec l'atmosphère*. Lib. Gauthier-Villars, 1913.

	Organes sains.			Organes parasités.		
	CO^2 gr. h.	O gr. h.	$\frac{CO^2}{O^2}$.	CO^2 gr. h.	O gr. h.	$\frac{CO^2}{O^2}$.
Rosa sempervirens et *Phragmidium Rosæ-sempervirentis*	0,1731	0,1869	0,92	0,4258	0,4535	0,93
Rosa (cultivé) et *Phragmidium subcorticium*	0,1893	0,1800	1,05	0,3060	0,2837	1,08
Anemone coronaria et *Puccinia Pruni*	0,1507	0,1450	1,03	0,3496	0,4290	0,81
	0,1530	0,1408	1,08	0,2937	0,3541	0,82
Malva nicæensis et *Puccinia Malvacearum*	0,3709	0,4943	0,75	1,3416	1,4957	0,89
	0,5525	0,6609	0,83	1,0064	0,9863	1,02
Kundmania sicula et *Puccinia Kundmaniæ*	0,2853	0,2992	0,95	0,3299	0,3963	0,87
Ranunculus macrophyllus et *Urocystis Anemones*	0,2085	0,2812	0,74	0,3238	0,3950	0,81
	0,1546	0,1720	0,89	0,2240	0,2588	0,86
Amygdalus communis et *Taphrina deformans*	0,3274	0,3125	1,04	0,4872	0,5717	0,84
Isatis Djurdjuræ et *Cystopus candidus*	0,5231	0,5621	0,93	0,6078	0,6377	0,95
Prasium majus et *Erysiphe lamprocarpa*	0,6201	0,8030	0,73	0,5022	0,6543	0,78
	0,7421	0,8591	0,86	0,6291	0,7997	0,78
Torilis nodosa et *Erysiphe communis*	0,4867	0,5472	0,89	0,2867	0,3868	0,74

Ces résultats expérimentaux, joints à ceux que j'ai obtenus avec les Fumagines, permettent de formuler les conclusions suivantes :

1° Intensité respiratoire. — Deux cas à considérer suivant la biologie du parasite : *a* (entophytes et subcuticulaires). *L'intensité respiratoire des organes parasités est plus élevée que celle des organes sains; b* (ectophytes vrais et ectophytes à suçoirs). *L'énergie respiratoire des organes parasités est inférieure à celle des organes sains.*

2° Quotient respiratoire. — *Le quotient respiratoire des organes parasités est tantôt sensiblement le même que celui des organes sains, tantôt plus faible, tantôt plus élevé.*

Essayons d'expliquer les conclusions relatives à l'intensité respiratoire en leur appliquant les résultats des recherches faites en collaboration avec Maige (¹). Les entophytes (*Puccinia*, *Melampsora*, *Phragmidium*, *Urocystis*,

(¹) *Recherches sur l'influence des variations de la turgescence sur la respiration de la cellule* (*Rev. gén. Bot.*, t. 22, 1910, p. 409-422).

Cystopus) et les subcuticulaires (*Taphrina*) provoquent une hypertrophie et même une hyperplasie des cellules, ainsi qu'un afflux de substances nutritives, notamment hydrocarbonées, dont l'apparition fréquente d'anthocyane révèle l'abondance; en un mot, la présence du champignon, malgré l'exagération de la transpiration qui tend à contrebalancer l'augmentation de turgescence, et grâce à l'arrivée d'une grande quantité de matières hydrocarbonées dans les régions atteintes, réalise des conditions éminemment favorables à l'accroissement de l'énergie respiratoire. Les *Erysiphées*, ectophytes à suçoirs, semblent avoir principalement pour rôle de déshydrater les tissus, en même temps que leurs conidies, formant une couche plus ou moins épaisse à la surface des feuilles, sont susceptibles de gêner les échanges gazeux à la façon des Fumagines. Il n'y a pas lieu de s'étonner que, par suite de l'abaissement de turgescence, résultant d'une forte déshydratation des tissus et de l'entrave apportée dans les échanges gazeux par la couche superficielle de conidies, les feuilles parasitées par les *Oïdiums* aient une intensité respiratoire inférieure à celle des feuilles saines.

Pour $\frac{CO^2}{O^2}$, dans l'*Anemone coronaria*, on ne peut que faire remarquer que la baisse de ce quotient (1,03 et 0,81; 1,08 et 0,82) dans les organes parasités, charnus, est de même ordre que dans les feuilles *cloquées* de l'*Amygdalus*, où se développe de l'anthocyane; au contraire, dans les feuilles de Malva *rouillées*, où l'élévation de $\frac{CO^2}{O^2}$ est assez sensible, il ne faut pas oublier que l'Urédinée, parasite des Malvacées, ne produit que des téleutospores, organes de conservation et il y a peut-être lieu de se reporter ici aux observations de Mme Maige (¹), d'après lesquelles le gynécée aurait un quotient respiratoire supérieur à ceux de l'étamine et des feuilles. Les variations désordonnées de $\frac{CO^2}{O^2}$ dans les feuilles parasitées par les *Erysiphe* trouvent encore une explication dans nos expériences sur l'influence des variations de la turgescence; l'abaissement de turgescence provoqué par ces champignons entraîne, suivant son importance, soit une élévation (*Prasium* : 0,73 et 0,78), soit une diminution de $\frac{CO^2}{O^2}$ (*Prasium* : 0,86 et 0,78; *Torilis* : 0,89 et 0,74).

(¹) *Recherches sur la respiration des différentes pièces florales* (*Ann. Sc. Nat. Bot.*, 9ᵉ série, t. 14, et *Thèse de Paris*, 1911).

BOTANIQUE. — *Sur le temps que la chlorophylle met à se développer à son maximum d'intensité à la lumière.* Note de M. Henri Coupin, présentée par M. Gaston Bonnier.

Comme je le rappelais dans une Note récente ([1]), les plantules cultivées à une lumière d'intensité insuffisante ou intermittente sont vert clair, tandis que celles exposées pendant un temps suffisant aux rayons lumineux sont d'un vert plus ou moins foncé suivant les espèces et les organes considérés. Au sujet de ce dernier fait, on peut se demander *quel est le temps minimum nécessaire pour que cette teinte soit maximum*, question sur laquelle on ne possède que des données insuffisantes. Dans le but d'élucider ce problème, j'ai exposé à la lumière de jeunes plantules étiolées (élevées dans de l'eau de source) et noté le temps au bout duquel la teinte verte n'augmentait plus en intensité (les changements de teintes ont été notées avec un code de couleurs ou, ce qui est plus pratique, par comparaison avec des plantules déjà développées à la lumière depuis déjà plusieurs jours). J'ai, de la sorte, relevé les chiffres suivants pour les temps minima nécessaires pour que les plastides chlorophylliens fussent saturés de chlorophylle :

Feuilles.

	Jours.		Jours.
Vesce d'hiver	1	Fève	2
Maïs sucré	1	Haricot	3
Blé hybride des alliés	2	Févier d'Amérique	3
Capucine	2	Pois Michaux	4
Lentille	2		

Cotylédons.

	Jours.		Jours.
Luzerne	1	Potiron	2
Tomate	1	Belle-de-nuit	3
Radis	1	Cresson alénois	3
Scorzonère	1	Soleil	4
Épinard	1	Haricot	4 (?)
Chicorée	2	Ricin sanguin	4 (?)
Sarrasin	2	Févier d'Amérique	4
Carotte	2	Lupin blanc	5

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 403.

Axes hypocotylés.

	Jours.		Jours.
Radis	3	Sarrasin	7
Soleil	4	Luzerne	8
Cresson alénois	4	Belle-de-nuit	10
Scorzonère	4	Tomate	14
Potiron	4	Chicorée	15
Lupin blanc	6	Épinard	ne verdissent pas
Carotte	6	Ricin sanguin	ne verdissent pas
Haricot	6	Févier d'Amérique	ne verdissent pas

Tiges.

	Jours.		Jours.
Capucine	4	Vesce d'hiver	6
Fève	5	Pois Michaux	7

Les chiffres ci-dessus ont été obtenus à Paris, durant les mois de janvier et de février (lumière diffuse; exposition Nord), mois où la clarté diurne est faible et ne dure guère qu'une dizaine d'heures; ils ne valent que pour les conditions dans lesquelles ils ont été obtenus et, par exemple, eussent été certainement moins élevés s'ils avaient été notés, soit dans le Midi, soit à Paris, dans les mois de printemps et d'été; tels qu'ils sont, cependant, ils permettent d'avoir une idée de l'ordre de grandeur du phénomène et de la manière de se comporter des différentes espèces les unes par rapport aux autres. Il n'y a pas d'ailleurs de conclusions générales à en tirer, mais seulement quelques remarques, qui, *a priori*, étaient presque évidentes, mais qu'il était bon de préciser, ne fût-ce qu'au point de vue documentaire :

1° *Le temps pour obtenir le verdissement maximum des* feuilles *et des* cotylédons *a varié de* 1 *à* 5 *jours, c'est-à-dire qu'il est assez faible;*

2° *Le temps pour obtenir le verdissement maximum des* axes hypocotylés *et des* tiges *a varié de* 3 *à* 15 *jours, c'est-à-dire qu'il est assez élevé;*

3° *Pour une même plante, les différents organes n'atteignent pas leur maximum de verdissement dans le même laps de temps;*

4° *Dans aucun cas, le verdissement maximum ne s'effectue* (dans les conditions, bien entendu, où les expériences ont été faites) *en moins d'une journée, c'est-à-dire en moins d'une dizaine d'heures de clarté.*

PHYSIOLOGIE. — *Modifications du testicule des oiseaux sous l'influence de la carence.* Note de M. **P. Portier**, présentée par M. Henneguy.

Malgré de nombreuses recherches, le mécanisme des accidents d'avitaminose est encore très obscur. On peut penser que l'examen précis des modifications histologiques et cytologiques qui se produisent dans les organes sous l'influence d'une nourriture exempte de vitamines apportera des renseignements utiles pour la solution de cette difficile question.

C'est cette étude méthodique que j'ai entreprise sur les organes de nombreux animaux en état de carence, que j'ai eus à ma disposition depuis quelques années.

J'apporte aujourd'hui les résultats concernant les testicules des pigeons qui réagissent nettement, comme on le sait, à une nourriture privée de vitamines.

Des recherches antérieures, celles de Loisel en particulier, nous ont appris que le testicule des oiseaux subit, pendant la saison hivernale, des modifications importantes, caractérisées par une réduction considérable de volume et par des modifications histologiques des canalicules spermatiques, dont le diamètre diminue beaucoup et dont l'épithélium subit une régression très marquée, de sorte qu'il cesse d'élaborer des spermatozoïdes. Il importe donc, si l'on veut étudier l'action d'une nourriture dévitaminisée sur le testicule des oiseaux, de partir d'un état bien défini de cet organe.

Afin d'avoir toute certitude à cet égard, on a procédé de la manière suivante dans un certain nombre d'expériences. Le pigeon étant anesthésié à l'éther, on lui ouvre l'abdomen et l'on prélève pour l'examen histologique une partie du testicule droit, qui est plus facilement accessible que le gauche. On referme ensuite l'animal, qui supporte très facilement cette opération. Après quelques jours de régime normal pour permettre à l'oiseau de se rétablir, on le soumet à une nourriture dévitaminisée. Il est ensuite sacrifié à un état plus ou moins avancé de carence. Un nouvel examen histologique révèle les modifications qui se sont produites dans la glande. L'étude du testicule gauche permet d'éliminer l'influence du traumatisme.

Résultats : 1° *Pigeons de la saison d'été.* — Le testicule est alors en pleine élaboration de spermatozoïdes. Au bout d'une quinzaine de jours de nour-

riture aux graines stériles, on constate que les modifications de la glande deviennent sensibles. Le tissu conjonctif qui entoure les canalicules commence à se développer, mais les canalicules ont encore à peu près conservé leur diamètre normal. On trouve encore des spermatozoïdes dans un certain nombre de canalicules, mais il existe une sorte de bouleversement de la glande qui paraît tenir à ce que le travail de la spermatogenèse est troublé. Beaucoup de spermatides semblent arrêtées dans leur évolution et quelques-unes présentent des phénomènes de dégénérescence plus ou moins accentués.

Le pigeon ayant été refermé, on continue la carence, et on le sacrifie 25 jours plus tard, soit 40 jours comptés depuis le début de l'expérience. Les modifications sont maintenant très accentuées. Le tissu conjonctif ayant pris un développement considérable, il enserre les canalicules dont le diamètre est très diminué; quelques-uns ne mesurent plus que 42^{μ}, tandis que leur diamètre normal est, chez le pigeon, de 300^{μ} environ. Les cellules interstitielles qui s'étaient beaucoup développées commencent à être, elles aussi, étouffées par le tissu conjonctif. Les canalicules ne présentent plus aucune trace de spermatozoïdes, ils ont tous été détruits *in situ* comme le montrent très nettement des testicules examinés au bout de 25 à 30 jours de carence. Le canalicule ne contient plus que des spermatogonies et des spermatocytes dont beaucoup présentent des noyaux en synapsis; enfin, au centre du canalicule, on trouve souvent des amas de cellules dont les noyaux sont dans un état de dégénérescence plus ou moins avancé.

2° *Pigeons d'hiver.* — Dans ce cas, nous partons d'un testicule déjà modifié par l'involution saisonnière et qui ne contient plus de spermatozoïdes. Les transformations produites par la carence sont donc moins frappantes que pour le testicule d'été, mais un examen attentif révèle qu'elles sont cependant très nettes. Au bout de 23 jours de nourriture dévitaminisée, le tissu conjonctif s'est beaucoup développé; comme dans le cas précédent, il étouffe les cellules du tissu interstitiel et les canalicules. Ceux-ci ne contiennent plus que des spermatogonies disposées sur un seul rang; on observe aussi souvent dans leur lumière une desquamation intense qui donne lieu à un amas de cellules et de noyaux en dégénérescence.

En résumé, la privation de vitamines produit des modifications importantes du testicule qui sont caractérisées essentiellement par un arrêt dans le fonctionnement de la glande et par des phénomènes d'involution qui

aboutissent d'abord au ralentissement, puis à l'arrêt de la spermatogenèse, enfin à la résorption des spermatozoïdes, des spermatides, et de nombreux noyaux. C'est ce phénomène de reprise par l'organisme de la chromatine qui nous semble de beaucoup le plus important, car la carence nous paraît être caractérisée essentiellement par le déficit dans les aliments de composés nucléiniques sous une forme spéciale.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le prétendu pouvoir dynamogène de l'alcool.* Note [1] de M. J. ATHANASIU, présentée par M. Charles Richet.

Tous les physiologistes ne partagent pas la même opinion en ce qui concerne la valeur dynamogène de l'alcool. Suivant Rossi [2], Destrée [3], Partridge [4], Scheffer [5], Lée [6], Helsten [7], Hoogenhuyze et Nieuwenhuyze [8], etc., la puissance des muscles serait d'abord légèrement augmentée et ensuite diminuée par l'alcool; suivant Stewart [9], Schunburg [10], Glück [11], Alberti et Tumiati [12], Féré [13], Chauveau [14], Schnyder [15], Rosemann [16], Durig [17], etc. Cette puissance serait, au contraire, diminuée dès le commencement, après l'ingestion de l'alcool. Il ne peut pas réparer non plus l'usure produite par la fatigue dans les ascensions sur les montagnes, Barkau, Giuliani, Higgins, Signorelli et Viale [18].

---

(1) Séance du 15 mars 1920.
(2) ROSSI, *Archives italiennes de Biologie*, t. 23, 1895, p. 25.
(3) DESTRÉE, *Le mouv. hyg.*, nos 11-12, 1897.
(4) PARTRIDGE, *Amer. Journ. of Psychol.*, vol. 11, 1900.
(5) SCHEFFER, *Arch. f. exper. Pathol.*, vol. 44, 1900.
(6) LÉE, *Congr. Physiol.*, Turin, 1901.
(7) HELSTEN, *Verhand. d. Versaml. Nord. Nat.*, Helsingfors, 1902.
(8) HOOGENHUYZE et NIEUWENHUYZE, *Kon. Akad. Wetensch.*, Wieens, 1913.
(9) STEWART, *Amer. Journ. of Physiol.*, vol. 1, 1898.
(10) SCHUNBURG, *Arch. f. Physiol.*, Suppl. Bd, 1899, p. 289.
(11) GLÜCK, *Münch. med. Woch.*, 1899, p. 1365.
(12) ALBERTI et TUMIATI, *Riv. d. Psych.*, t. 39, 1912, p. 25.
(13) FERÉ, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 1900.
(14) CHAUVEAU, *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 65.
(15) SCHNYDER, *Arch. f. ges. Physiol.*, Bd 93, 1903, p. 451.
(16) ROSEMANN, *Arch. f. ges. Physiol.*, Bd 100, 1903, p. 348.
(17) DURIG, *Arch. f. ges. Physiol.*, Bd 113, 1906, p. 341.
(18) BARKAU, GIULIANI, etc., *Arch. di Fisiol.*, vol. 12, 1914, p. 277.

Nous avons étudié l'action de l'alcool sur le travail volontaire des muscles et nous avons inscrit dans ce but, simultanément, le nombre des vibrations nerveuses volontaires, reçues par le muscle, et sa force de contraction.

Technique. — Nos expériences ont porté sur les muscles de l'avant-bras, fléchisseurs des doigts. On inscrit le courant d'action de ces muscles, à l'aide du galvanomètre à corde et des électrodes spéciales (zinc et sulfate de zinc) en assurant l'humidité nécessaire à la surface de la peau où repose l'électrode. Comme il est bien démontré que le courant d'action des muscles suit très exactement le rythme de l'excitant qui les a mis en fonction, l'influx nerveux dans notre cas, il s'ensuit que la courbe du premier nous donne une image assez fidèle du dernier.

La force des muscles est mesurée à l'aide d'un dynamomètre médical, habituel, que la personne en expérience serre dans la main qui porte les électrodes. L'effort qu'elle donne doit être maximal.

Les deux opérations, mesure de la force musculaire et enregistrement des vibrations nerveuses, sont synchrones. Elles ont lieu toutes les 10 et 15 minutes, pendant une heure jusqu'à une heure et demie, après l'ingestion de l'alcool.

Comme boisson alcoolique, nous avons employé l'alcool absolu, à la dose de 30^{cm^3} étendu avec 3^{vol} d'eau.

Nous résumons dans le Tableau suivant les moyennes des expériences faites sur cinq personnes. Comme le nombre des vibrations nerveuses volontaires n'est pas fixe, même à l'état normal, on est obligé de prendre les maxima et les minima, aussi bien avant qu'après l'alcool.

Personnes en expérience.		Nombre des vibrations nerveuses par seconde. Maxima.	Minima.	Dynamomètre. (kg)
I. R.	Avant l'alcool	51	57	28
	Après »	48	41	26
S. N.	Avant l'alcool	54	47	38
	Après »	49	41	32
I. N.	Avant l'alcool	53	49	31
	Après »	50	47	26
N. D.	Avant l'alcool	60	51	35
	Après »	51	45	31
S. T.	Avant l'alcool	53	50	45
	Après »	50	44	36

Le nombre des vibrations que les centres nerveux envoient aux muscles et la force de contraction de ceux-ci ont une tendance manifeste à diminuer sous l'influence de l'alcool, sans que l'on puisse constater, à un moment quelconque après son ingestion, une phase d'accroissement. Ces résultats

viennent donc à l'appui des expériences mentionnées plus haut et apportent une nouvelle preuve que l'alcool n'est pas un aliment utilisable par l'organisme. Ne pouvant pas s'incorporer au protoplasma vivant comme l'albumine, la graisse et le sucre, il reste une substance étrangère pour lui, avec action toxique, paralysante, sur le système nerveux en première ligne. De là toute la série d'illusions que l'alcool procure :

a. Illusion d'échauffement par la paralysie des centres vaso-moteurs, d'où l'afflux du sang dans le tégument, dont la température s'élève, il est vrai, mais aux dépens de la chaleur interne qui baisse;

b. Illusion de force plus grande par la paralysie des centres inhibiteurs de la motilité;

c. Illusion de vitesse plus grande dans le processus de l'idéation par la paralysie du système de freinage psychique.

PHYSIOLOGIE. — *Action de la sécrétine sur le métabolisme.* Note (¹) de MM. J.-E. **Abelous** et L.-C. **Soula**, présentée par M. Charles Richet.

La sécrétine a une action beaucoup plus générale que celle qui lui a été attribuée jusqu'à présent. Nos recherches montrent que son influence s'exerce sur la plupart des tissus pour en accroître l'activité chimique et particulièrement pour mobiliser les réserves nutritives intra-cellulaires.

1° *La sécrétine active les processus d'autolyse*. — L'autolyse est notablement accrue pour les tissus prélevés sur l'animal quelques instants après une injection intraveineuse de sécrétine ou, ce qui revient au même, après injection dans le duodénum d'une certaine quantité d'acide chlorhydrique à 4 pour 1000.

La marche et l'intensité de l'autolyse peuvent être appréciées par le dosage de l'azote total, de l'azote des polypeptides et de l'azote des acides aminés, en établissant le rapport de l'azote total à l'azote des polypeptides et à l'azote aminé (coefficient de protéolyse), le rapport de l'azote total à l'azote des acides aminés (coefficient d'aminogénèse).

Nos expériences ont porté sur le foie et la rate. Sur un chien anesthésié au chloralose, on prélevait un fragment de foie et de rate dont on déterminait ces coefficients.

(¹) Séance du 15 mars 1920.

On prélevait un nouveau fragment, qu'on abandonnait à l'autolyse à 39° en présence de toluène et de chloroforme.

Puis on faisait soit une injection intraveineuse de sécrétine, soit une injection acide dans le duodénum. Un quart d'heure après, on prélevait un nouveau fragment d'organe qu'on abandonnait à l'autolyse dans les mêmes conditions. Les lots étaient maintenus dans l'étuve pendant 8 jours.

Pour la rate, avant l'action de la sécrétine, le coefficient de protéolyse est passé de

10 à 34 pour 100 + 24 pour 100;

le coefficient d'aminogénèse, de

4,5 à 14,7 pour 100 + 10,2 pour 100.

Après l'action de la sécrétine, le coefficient de protéolyse est passé de

8,1 à 40 pour 100 + 31,9 pour 100;

le coefficient d'aminogénèse, de

3,8 à 19,3 pour 100 + 15,5 pour 100.

Le foie, dans les mêmes conditions, nous a donné un accroissement du coefficient d'aminogénèse de 8,3 pour 100 avant l'action de la sécrétine et de 11,2 pour 100 après.

Donc, sous l'influence de la sécrétine, l'autolyse est notablement accrue.

2° *Élimination urinaire d'azote et de matières minérales.* — On recueille l'urine d'une chienne chloralosée au moyen d'une sonde intra-vésicale, pendant une demi-heure. On fait une injection d'acide dans le duodénum et, un quart d'heure après, on recueille à nouveau les urines pendant trente minutes.

On dose l'extrait sec, les cendres, l'azote total et l'azote uréique de ces deux urines et l'on établit le rapport azoturéique.

	Avant l'injection d'acide.	Après l'injection d'acide.		
Quantité d'urine	$3^{cm^3},8$	3,15	—	$0^{cm^3},65$
Extrait sec pour 1000	64,082	102,325	+	$38^g,243$
Azote uréique	12,702	15,941	+	$3^g,249$
Azote total	14,140	19,040	+	$4^g,900$
Cendres pour 100	35,440	39,534	+	$4^g,094$
Rapport azoturéique	0,898	0,837		

La désassimilation azotée est donc manifestement accrue, ainsi que le résidu sec et les matières minérales de l'urine.

3° *Échanges respiratoires.* — L'action stimulante de la sécrétine sur les échanges nutritifs se marque aussi par des modifications des échanges respiratoires.

Un chien de 5^{kg}, chloralosé, présente après action de la sécrétine une ventilation pulmonaire 2,2 fois plus forte, une élimination d'acide carbonique 2,8 fois plus grande et un accroissement de 2,3 pour la consommation d'oxygène (¹).

Le quotient respiratoire $\left(\frac{CO^2}{O^2}\right)$ passe de 0,750 à 0,909, et cet accroissement indique une consommation plus grande des hydrates de carbone. Il est à noter que ces modifications se produisent malgré l'immobilité complète de l'animal et sans que l'on ait constaté un accroissement du péristaltisme intestinal, à la suite de l'injection d'acide. Seule l'activité sécrétoire du pancréas et du foie pourrait entrer en ligne de compte.

4° *Accroissement de la glycémie.* — Au reste, cette augmentation des combustions et du quotient respiratoire cadrent bien avec l'augmentation de la teneur en glucose du sang des veines sushépatiques que nous avons constatée :

	Avant l'injection d'acide.	Un quart d'heure après.	
Glucose pour 1000^g de sang.........	$1^g,400$	$1^g,900$	+ $0^g,500$

Si parallèlement on dose le glycogène hépatique on trouve :

	Avant l'action de la sécrétine.	Après.	
Glycogène pour 100^g de foie.........	$2^g,879$	$0^g,963$	— $1^g,916$

Ainsi l'action de la sécrétine a pour effet d'accroître les phénomènes d'autolyse, la désassimilation azotée, l'élimination numérale urinaire, d'augmenter les échanges respiratoires et le quotient respiratoire, la glycémie hépatique et de diminuer la teneur du foie en glycogène. Tous ces phénomènes variant dans le même sens indiquent une suractivité du métabolisme. La sécrétine nous apparaît comme l'hormone chargée de libérer les réserves nutritives intra-cellulaires pour faire place aux réserves nouvelles que vont constituer les produits de l'élaboration digestive.

(¹) La mesure des échanges respiratoires a été faite par M. Lafon, professeur de physiologie à l'École vétérinaire de Toulouse, que nous voulons remercier de son précieux concours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de la boue activée.* Note de M. F. **Diénert**, présentée par M. Schlœsing.

Depuis trois années que nous étudions l'épuration des eaux d'égout par les boues activées, nous avons obtenu un certain nombre de résultats qu'il nous paraît intéressant de résumer actuellement.

Il est logique de penser que, pour avoir une idée aussi exacte que possible de l'action de ces boues, il faut d'abord étudier la façon permettant de leur donner leur activité.

Pour obtenir une boue activée, on fait barboter de l'air pendant un certain temps dans une eau d'égout; on laisse ensuite reposer celle-ci, on la soutire et on la remplace par de l'eau nouvelle dans laquelle on fera barboter à nouveau de l'air. On continue pendant plusieurs jours les mêmes opérations jusqu'au moment où, pendant un barbotage d'air de 5 heures consécutives, on peut transformer 20^{mg} d'azote ammoniacal en azote nitrique ou nitreux par litre. Le temps nécessaire pour aboutir à ce résultat peut être appelé *période d'activation*.

Celle-ci dépend de l'eau employée, de la quantité d'air, de la température de l'eau.

Avec de l'eau d'égout de Paris et en faisant barboter de l'air pendant 4 heures chaque fois dans les conditions qui viennent d'être indiquées, cette période d'activation a été de deux mois environ. En augmentant, dans chaque série des opérations, la durée du barbotage de l'air, ou en ajoutant du carbonate de chaux, on active plus rapidement la boue.

On peut préparer des boues activées au moyen d'autres eaux que l'eau d'égout. Avec de l'eau de la rivière d'Ourcq, prélevée au robinet de notre laboratoire et à laquelle nous ajoutions chaque fois 20^{mg} de AzH^3, la période d'activation a été de un mois, en opérant comme avec l'eau d'égout, mais en faisant barboter l'air pendant 48 heures à chaque opération.

En utilisant l'eau du puits de l'Institut Pasteur, additionnée également de 20^{mg} de AzH^3 et de 5^g de carbonate de chaux, nous avons obtenu un dépôt activé après une période d'activation de 15 jours, en utilisant toujours la même technique, mais avec des barbotages d'air de 24 heures seulement.

Avant d'être activée, la boue d'eau d'égout n'a à peu près aucune action sur l'eau dans laquelle elle se forme. Voici deux analyses faites, à cinq jours d'intervalle, avant le jour et le jour même où la boue est activée :

Éléments dosés.	Eau cinq jours avant l'activation de la boue (¹) en milligrammes par litre — avant soufflage d'air.	après 4 heures de soufflage d'air.	Eau le jour où la boue devient active en milligrammes par litre — avant soufflage d'air.	après 4 heures de soufflage d'air.
Azote nitrique......	3,0	3,7	2,4	12,0
Azote ammoniacal...	14,9	14,0	16,2	1,0

Les boues, analysées au même moment, donnèrent les résultats suivants :

Éléments dosés en milligrammes par gramme de boue sèche.	5 jours avant l'activation après une période d'activation de 58 jours.	Le jour où les boues deviennent activées après 63 jours comme période d'activation.
Azotate total............	36,4	31,5
Azote ammoniacal........	1,3	1,5

L'activation apparaît donc, dans les boues de l'eau d'égout, assez brusquement.

Dans l'expérience faite avec l'eau du puits de l'Institut Pasteur, c'est une fermentation nitreuse qui s'est établie après la période d'activation. L'acide nitrique n'est apparu que plusieurs semaines après l'activation des boues. Là encore, nous avons observé que le dépôt s'active assez subitement. La période d'activation était déjà de 11 jours, et chaque fois, après 24 heures d'aération, nous retrouvions tout l'ammoniac introduit (20^{mg}) quand, brusquement, le douzième jour nous constatâmes la disparition de tout l'ammoniac et sa transformation en azote nitreux.

En résumé, on peut obtenir avec toutes les eaux des dépôts activés après une période d'activation plus ou moins longue.

Tout se passe comme nous l'avons constaté antérieurement soit dans l'accoutumance d'une levure à un sucre, soit dans l'acclimatation à un antiseptique. Pendant plusieurs jours, les organismes paraissent inactifs et laissent leurs aliments inaltérés, puis brusquement ils manifestent leur activité qui croît alors très rapidement. Ainsi, avec les boues du puits de l'Institut Pasteur, tandis que le 13 juin, jour tout proche de l'activation, il ne disparaissait que 20^{mg} d'ammoniac en 24 heures, cette disparition atteignait 100^{mg} le 17 juin et 200^{mg} le 22 juin, maximum qui ne fut jamais dépassé par la suite.

(¹) Après une période d'activation de 56 jours.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Nouvelles observations sur la production biochimique de l'acide pyruvique*. Note de MM. **A. Fernbach** et **M. Schoen**, présentée par M. E. Roux.

L'un de nous a montré antérieurement (¹) que l'acidité produite par la levure au cours de la fermentation alcoolique tend vers un chiffre maximum qui dépend de la réaction initiale du milieu. De là l'idée que la production des acides se trouverait exagérée en présence d'une substance capable de supprimer, en les neutralisant, l'action inhibitrice de ces corps.

L'exactitude de cette hypothèse se trouve démontrée lorsqu'on fait vivre la levure dans un milieu sucré, en présence de craie. De plus, nous avons pu montrer que, dans ces conditions, une fraction importante des acides formés est de l'*acide pyruvique*, qui a ainsi été obtenu pour la première fois par un processus biochimique (²).

Le maintien du milieu de culture au voisinage de la neutralité s'est montré, dans nos expériences, une condition essentielle de la production de l'acide pyruvique aux dépens du sucre.

Voici, à titre d'exemple, les résultats de deux séries de cultures de mycolevure, conduites parallèlement à 30°, A avec craie et B sans craie. Le milieu employé est le liquide minéral dont nous avons donné antérieurement la composition. A divers stades de la culture, on dose l'alcool, et l'on évalue les acides formés, dans la série A par la chaux entrée en solution, et dans la série B par la chaux que dissout le liquide lorsqu'on l'agite avec la craie, le dosage étant dans les deux cas précédé de l'élimination de la chaux qui se trouve à l'état de bicarbonate.

Cultures de 100^cm³ renfermant 4^g,78 de glucose.

Durée.		Sucre consommé a.	Alcool. b.	Rapport $\frac{a}{b}$ pour 100.	Ca O.	Rapport $\frac{\text{sucre}}{\text{Ca O}}$ pour 100.
5 jours.	A....	4^g,78	0^g,98	20,5	0^g,355	7,4
	B....	3,80	1,16	31,1	0,102	2,6
10 jours.	A....	4,78	0,84	17,6	0,375	7,8
	B....	4,78	1,08	22,6	0,093	1,9
24 jours.	A....	4,78	0	»	0,288	6,03
	B....	4,78	traces	»	0,085	1,8

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 77.
(²) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1478, et t. 158, 1914, p. 1719.

L'acide pyruvique a été évalué par la quantité d'iodoforme que ce corps et ses sels fournissent à froid, en milieu alcalin, au contact d'une solution d'iode. Les cultures de la série A donnent toutes les réactions de l'acide pyruvique et fournissent, après élimination des corps volatils : $2^g,216$ d'iodoforme après 5 jours; $2^g,446$ après 10 jours; $1^g,1$ après 24 jours; tandis qu'avec les cultures de la série B, neutralisées et traitées de même, on n'obtient que des traces infimes d'iodoforme (1).

La levure de Champagne donnent des résultats du même ordre, sauf que les quantités d'acide pyruvique sont notablement inférieures.

On voit que la présence de craie dans les cultures n'a pas seulement pour effet une augmentation considérable des acides produits; elle provoque en outre la formation d'un corps nouveau, l'acide pyruvique, dont nous n'avons pu observer la production à aucun moment lorsque la culture peut s'acidifier. Le changement de la réaction agit donc à la fois sur la *nature* et sur les *proportions relatives* des produits formés.

Ce changement profond des propriétés physiologiques de la levure n'est pas un fait isolé dans l'étude des infiniment petits. La production de la toxine diphtérique en a depuis longtemps fourni un exemple frappant : cette toxine n'apparaît dans les cultures en quantité appréciable que lorsque le milieu est alcalin; sa production est empêchée par une acidité même ménagée, obstacle dont le bacille peut triompher lui-même si l'on n'a pas pris soin de donner au milieu, dès l'origine de la culture, l'alcalinité nécessaire (2).

Toutefois, la réaction du milieu n'est pas le seul facteur qui commande la production de l'acide pyruvique. En effet, si au lieu d'un milieu minéral on se sert d'un milieu sucré plus complexe, comme le moût de bière, on n'observe pas la formation d'acide pyruvique, même en présence de craie. Il en est de même avec l'*Amylomyces Rouxii;* ce mucor qui, dans notre milieu minéral, a fourni, en présence de craie, notablement plus d'acide pyruvique que les levures, n'en donne pas lorsqu'on le cultive en présence de craie sur un moût de maïs, milieu habituellement employé en distillerie pour la culture de cet organisme.

La production de l'acide pyruvique dans des conditions bien définies

(1) Les chiffres du Tableau ci-dessus appelleraient un certain nombre d'observations qui ne peuvent trouver place ici et que nous nous réservons d'exposer ailleurs.

(2) E. Roux et A. Yersin, *Ann. Inst. Pasteur,* t. 2, 1888, p. 629. — L. Martin, *Ibid.*, t. 12, 1898, p. 26, et expériences inédites de MM. Martin et Loiseau que les auteurs ont bien voulu nous communiquer.

n'est pas limitée à l'action des levures et de certains mucors, pas plus d'ailleurs que les sucres ne sont la seule source hydrocarbonée aux dépens de laquelle cet acide peut prendre naissance ([1]).

En effet, M. Mazé a montré récemment, à la suite de travaux publiés en collaboration avec M. Ruot ([2]), qu'un certain nombre de bactéries sont capables de produire de l'acide pyruvique non seulement aux dépens du *sucre*, mais aussi à partir de l'acide lactique ou des lactates. D'autre part, MM. Beijerinck et Folpmers ([3]) ont obtenu de l'acide pyruvique en faisant agir diverses bactéries sur les acides malique et fumarique ou sur leurs sels de calcium. L'accroissement du nombre des processus biochimiques qui donnent naissance à de l'acide pyruvique justifie donc l'importance de plus en plus grande qu'on attribue à ce corps.

Il semble prématuré de discuter actuellement le mécanisme de sa production aux dépens du sucre et de vouloir décider si sa formation doit nécessairement être précédée de celle de l'acide lactique, dont il dériverait par oxydation, surtout depuis qu'il est établi que l'acide pyruvique peut être obtenu par voie biochimique aux dépens de *divers* acides organiques. Cependant nous tenons à indiquer ici, pour en faire l'objet d'une publication ultérieure plus détaillée, que parmi les acides produits par la levure, dans les conditions où se forme l'acide pyruvique, nous avons pu, en dehors de ce dernier acide, constater la présence de quantités notables d'acide lactique.

MÉDECINE. — *Rôle du bétail et de la basse-cour dans la défense contre la malaria.* Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. E. Roux.

La fièvre paludéenne étant une maladie des campagnes, il est important, en vue de la prophylaxie, de connaître les conditions de la vie rurale qui peuvent favoriser ou entraver sa propagation.

([1]) Entre autres affirmations, que nous discuterons ailleurs, M. Kerb (*Berichte*, t. 52, 1919, p. 1795) a récemment révoqué en doute la production par la levure d'acide pyruvique qu'il attribue à l'action de bactéries. Ainsi que nous l'avons signalé dans nos Notes antérieures, nous avons toujours opéré avec de la levure *pure se multipliant* dans des milieux stériles, et non avec des doses massives de levure commerciale.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 79, 1916, p. 706; t. 80, 1917, p. 336; t. 81, 1918, p. 1150.

([3]) *Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, Proceed.*, t. 7, 1916, p. 119.

Grassi, Celli, Gasperini, divers auteurs anglais et américains, Roubaud [1] ont noté l'attraction exercée par les animaux domestiques sur les anophélines.

Dès 1908 [2], j'ai mis en évidence le rôle de protection du cheval vis-à-vis de l'homme.

« La nuit, les anophélines abondaient dans l'écurie et piquaient mon *cheval* (baie-brun) avec acharnement, ils étaient rares dans ma chambre à coucher située 10^m plus loin. »

L'espèce anophélienne en cause était *A. sinensis*.

En 1910, à Hanoï (Tonkin), j'écrivais [3], en insistant sur la protection exercée par les animaux domestiques à l'égard de l'homme : « Les anophélines sont en proportion plus considérable qu'on ne pourrait le croire en se bornant à les rechercher dans les salles de malades et dans les habitations privées....

» A l'hôpital, en portant mes investigations du côté des écuries où sont logés des chevaux et des buffles, j'ai pu capturer chaque jour de 28 à 30 anophèles gorgés. »

Il s'agissait de *Myzorynchus pseudopictus*, *M. punctulatus*, *Myzomia Rossi* (Mathis et Léger).

De nouvelles observations faites en France en 1913, à Seugnac, près Pons, sont encore plus précises.

Dans la matinée du 8 mai, j'ai observé au-dessus du box d'une jument bai-brun quelques anophélines venant de faire un repas de sang. De l'autre côté de la cloison, dans une étable habitée par plusieurs *vaches*, la plupart *noires et blanches*, les moustiques, des ♀, sont plus nombreux que dans l'écurie.

Dans le *poulailler* où logent des poules et des canards, des poussins et des canetons récemment éclos, une exploration attentive ne décèle *aucun moustique*.

En revanche, à quelques mètres de là, des cages construites comme le poulailler, où vivent des *lapins* gris, sont *pleines d'anophélines*, j'en cueille 30 dont 29 sont des ♀. Tous ces moustiques reposent au plafond de la cage, à 20^{cm} des lapins qu'ils ont piqués.

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 483.
(2) *Bull. Soc. path. exot.*, 1908, p. 227.
(3) *Bull. méd. chir. de l'Indo-Chine*, 13 mars 1910, p. 164.

Dans trois étables voisines, habitées par des *porcelets*, dont la peau semée de poils rares est très accessible à la trompe des culicides, j'ai compté à grand'peine 3 anophélines gorgées que je présume s'être nourries sur les porcs que le *voisinage des lapins a certainement préservés d'autres piqûres*.

Les anophélines en cause, très probablement *A. maculipennis* ([1]), recherchent donc comme aliment le sang des mammifères de quatre ordres différents : équidés, bovidés, suidés, rongeurs, avec une préférence marquée pour le sang des rongeurs.

Pendant que ces animaux sont fortement piqués, l'habitation, située à moins de 100^{m}, où logent 16 personnes parmi lesquelles 6 enfants dont 2 en bas âge, est complètement indemne de moustiques, aussi bien de culicinés que d'anophélines.

En mai je fis à plusieurs reprises les mêmes constatations.

Des trois ♀ d'anophélines récoltées pour la détermination spécifique, l'une a pondu des œufs qui ont donné des larves, ce qui prouve qu'elle était fécondée.

Sur les bords du lac Itasy (Madagascar) j'ai vu à 5^{h} du matin deux jeunes porcs se débattant contre les piqûres d'anophélines, alors qu'une vingtaine d'indigènes se tenaient accroupis à 5^{m} ou 6^{m} de là. Il est évident qu'on doit considérer l'effectif moustiques au regard des effectifs humain et animal en un lieu donné; celui des premiers est innombrable dans les districts rizicoles.

Quant aux gallinacés et palmipèdes domestiques, aux colonies comme en France, j'ai toujours observé que les moustiques, non seulement ne cherchent pas à les piquer à travers leur matelas de plume, mais encore évitent de déposer leur ponte dans des récipients contenant l'eau de boisson ou d'ablution destinée à ces volatiles.

De l'ensemble des recherches que j'ai effectuées systématiquement depuis 1907, il résulte que certains animaux domestiques jouent un rôle de premier ordre dans la protection de l'homme contre les piqûres de moustiques.

En ce qui concerne la France, du moins les régions à *A. maculipennis*, la protection par le lapin domestique est particulièrement intéressante, puisque l'élevage de ce rongeur est à la portée de tous.

La protection par les grands mammifères domestiques ne peut être

---

([1]) Détermination spécifique confiée à E. Roubaud qui n'a jamais reçu mon envoi.

réalisée que dans certaines conditions de la vie agricole ou rurale, les exploitations à bétail abondant devant être les mieux défendues.

A l'inverse des animaux domestiques à poils, ceux à plumes ne sont donc, dans les pays où j'ai effectué mes recherches, d'aucune protection pour l'homme contre les affections transmissibles par les moustiques.

Autant que les qualités physiologiques du sang d'une espèce animale, l'absence ou la faiblesse de ses moyens de défense naturels doivent faire qu'elle est plus recherchée que d'autres par les culicides. Un équidé à la queue et à la crinière coupées à l'anglaise se défendra moins bien qu'un autre qui les aura longues; la queue du bœuf lui tient lieu de chasse-moustiques aussi bien que de chasse-mouches, à condition qu'il sente la piqûre; la brièveté de l'appendice caudal des lapins et des porcs laisse exposée à l'attaque des moustiques la totalité de la surface du corps de ces animaux.

La protection zoobiologique de l'homme contre le fléau paludéen doit combiner la défensive par l'emploi des animaux, pièges vivants qui retiennent les moustiques, et l'offensive par l'utilisation des ennemis naturels de ces insectes, en particulier des poissons, qui en détruisant dans l'eau beaucoup de larves de culicides, protègent en même temps l'homme et les animaux.

M. **Eugène Mesnard** adresse une Note intitulée : *Les vagues d'énergie de la terre.*

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de décembre 1919.

Lavoisier et ses continuateurs. Conférence faite à Strasbourg, le 20 novembre 1919, par Charles Moureu. Extrait du volume de l'année 1919 des conférences de l'*Association française pour l'avancement des sciences.* Paris, 1919; 1 fasc. 24cm.

Abrégé d'histoire générale. Essai sur le passé de l'homme et des sociétés humaines, par Charles Richet. Paris, Hachette, 1919; 1 vol. 21cm,5.

Notes ptéridologiques, fasc. VIII, par le Prince Bonaparte. Paris, chez l'auteur, 1919; 1 vol. 23cm.

En Alsace, par le Prince Bonaparte. Extrait du journal *Le Figaro* du 26 septembre 1919. Paris, chez l'auteur, 1919; 1 fasc. 21cm.

Manuel pratique de météorologie, par J. Rouch. Paris, Masson, 1919; 1 vol. 22cm.

Ministère de la guerre. Service géographique de l'armée. Direction de l'artillerie. *Traité des effets explosifs*, par Gossot et R. Liouville. Tome I : *Principes généraux; Effets dans les mines;* tome II : *Effets balistiques des poudres sans fumée dans les bouches à feu;* tome III : *Manuel du praticien;* fasc. 1 : *Tables;* fasc. 2 : *Types de calculs; Note sur un terme correctif dans les formules des vitesses et des pressions.* Paris, Imprimerie nationale, 1919; 4 vol. 28cm,5. (Présenté par M. Vieille.)

Le radium. Interprétation et enseignement de la radioactivité, par Fr. Soddy, traduit de l'anglais par A. Lepape. Paris, Alcan, 1919; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

La réorganisation de l'industrie chimique en France, par Eugène Grandmougin et Paul Grandmougin. Paris, Dunod et Pinat, 1918; 1 vol. 25cm.

Un voyage géologique en Sicile en 1781. *Notes inédites de Dolomieu*, par Alfred Lacroix. Extrait du *Bulletin de la section de géographie.* Paris, Imprimerie nationale, 1919; 1 vol. 25cm.

La verte vieillesse, par A. Lacassagne. Lyon, A. Rey, 1919; 1 vol. 21cm. (Présenté par M. Widal.)

Documentos das chancelarias reais, anteriores a 1531, *relations a Marrocos*, publicadoa per ordem da Academia das sciências de Lisboa e sob a direcção de Pedro de Azevedo; tomo I : 1415-1450. Lisboa, 1915; 1 vol. 32cm,5.

ERRATA.

(Séance du 2 février 1920.)

Note de M. *C. Gessard*, Sur les bacilles pycianoïdes :

Page 298, deuxième ligne de la Note, *au lieu de* représentant, *lire* représentants.

(Séance du 16 février 1920.)

Note de MM. *A. Guillet* et *M. Aubert*, Électromètre absolu bisphérique. Calcul numérique de ses caractéristiques :

Page 386, ligne 7, formules (4), *lire*

$$M_a = a\left(V\sum\frac{1}{U_{2n}} - v\sum\frac{1}{U_{2n+1}}\right),$$
$$M_b = a\left(v\sum\frac{1}{U_{2n}} - V\sum\frac{1}{U_{2n+1}}\right).$$

Page 387, ligne 15, *lire* le dénominateur de la formule

$$\left[\sum\frac{1}{U_{2n}} - \sum\frac{1}{U_{2n+1}}\right]^2.$$

(Séance du 23 février 1920.)

Note de M. *Henri George*, Un nouvel arc à mercure à courant alternatif :

Page 458, ligne 2, *au lieu de* Georges, *lire* George.

(Séance du 1er mars 1920.)

Note de M. *A. Rateau*, Sur l'altitude de vol qui correspond au minimum de consommation kilométrique :

Page 491, formules (1) et (3), *au lieu du coefficient* $\frac{270}{M}$, *lire* $\frac{1}{270}$.

Page 492, en tête de la deuxième colonne du tableau, *au lieu de* σ_0, *lire* σ, et, en tête de la troisième colonne, *au lieu de* σ, *lire* Φ.

(Séance du 8 mars 1920.)

Note de M. *Bertrand Gambier*, Surfaces de translation applicables l'une sur l'autre :

Page 561, ligne 17 en remontant, *au lieu de* surfaces réelles S, à réseau C et L réels, *lire* à réseaux....

(Séance du 15 mars 1920.)

Note de M. *Bertrand Gambier*, Sur les surfaces applicables :

Page 645, ligne 8, *au lieu de* $r_1 + br'$, *lire* $r_1 = br'$.

Page 647, ligne 3, *au lieu de* $v = (u_1, v_1)$, *lire* $v = \varphi(u_1, v_1)$; ligne 13, *au lieu de* $t_1 = t_1 T_1$, *lire* $t_1 = t T_1$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 MARS 1920.

PRÉSIDENCE DE M HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 6 avril.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation des décrets, en date des 23 et 26 mars 1920, qui portent approbation, le premier, de l'élection que l'Académie a faite de M. **Léon Lindet** pour occuper, dans la Section d'Économie rurale, la place vacante par le décès de M. *Th. Schlœsing*, le second, de l'élection que l'Académie a faite de M. **Maxime Laubeuf** pour occuper la sixième place de la *Division des applications de la Science à l'Industrie*.

Il est donné lecture de ces décrets.

Sur l'invitation de M. le Président, MM. **Léon Lindet** et **Maxime Laubeuf** prennent place parmi leurs Confrères.

ASTRONOMIE. — *L'Observatoire de J.-S. Bailly au Louvre.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Dès 1647, on fit au Louvre des observations pour déterminer la latitude de Paris (¹); et l'on a vu que lors de son arrivée (1669), J.-D. Cassini fit quelques observations, aussi aux Galeries.

(¹) J.-N. Delisle avait réuni des notes biographiques sur divers astronomes, et dans ce qui est relatif à Roberval (A.1, 7, nº 60) on lit : « J'ay trouvé dans les ms appartenans à l'Académie une suite de haut. mérid. du ⊙ observées à Paris en 1645. avec

Plus tard, dans ce palais, comme d'ailleurs dans nombre d'autres résidences royales [1], on a observé divers phénomènes astronomiques accidentels, mais en général il n'y eut pas d'observatoire proprement dit; il

---

un quart de cercle de la façon du S[r] Blondeau qui marquoit les minutes et qui étoit placé sur les fenetres des Galleries du Louvre. Ces observations commencent au 19 avril 1645 et finissent au 30 sept. Elles sont écrites de la main de M[r] de Roberval et il distingue celles où il a été présent... Il observa en 1647 l'éclipse de Vénus par la Lune : j'en ay trouvé pareillement l'observation écrite de sa main dans les ms de l'Académie. »

(1) Aux 17[e] et 18[e] siècles, et surtout sous le règne de Louis XV, on ne laissait guère passer de phénomène astronomique remarquable sans appeler à la Cour des astronomes en renom, pour en faire l'observation sous les yeux du roi. Ces astronomes apportaient leurs instruments, car les palais dont nous parlons n'avaient pas d'installation astronomique fixe, en dehors de quelque méridienne ou de quelque pendule; on comprend d'ailleurs que la précision des observations ainsi faites a dû souffrir plus d'une fois de la présence des assistants.

Ces habitudes étaient peut-être une réminiscence astrologique; elles ont toutefois occasionné des observations que l'on trouve généralement dans *Mém. Acad.* et qui ont été faites dans les palais royaux ci-après; nous ajoutons les noms des observateurs ainsi appelés à la Cour, et les pages de *Mém. Acad.*

Louvre. Écl. ⊙, 1721 juillet 4 (M.173). — Maraldi I.

Tuileries. Écl. ⊙, 1721 juillet 24 (M.146). — Cassini II.

Bellevue. Pass. ☿ 1753 mai 6 (H.230, M.134). — Le Monnier, La Condamine.
Écl. ⊙, 1766 août 5 (M.398). — Le Monnier. [$\Delta\mathcal{L} = 0^m 26^s (4120^T)$ O; $\Delta\varphi = -48'',5$.]

Choisy. ☄ 1748 (H.98, M.229). — Duc de Chaulnes.

Compiègne. 1736. Opérations géod. (M.337). — Cassini II. [$\Delta\mathcal{L} = 29'41''$ E; $\varphi = 49°24'59''$.]
Écl. ⊙, 1738 juillet 25 (H.92, M.51). — Cassini III, La Condamine, Nollet.

Marly. Écl. ⊙, 1706 mai 12 (H.114, M.165). — Cassini II, Lahire II.
[Lahire I donne (M.177) : $\Delta\mathcal{L} = 14'18'' = 0^m.57^s$ et $\varphi = 48°31'55''$.]
Écl. ⊙ 1715 mai 3 (H.47, M.81). — Cassini II.

Meudon. Pass. ☿, 1753 mai 6 (M.137 et 1754 M.589). — De Chabert, Lalande.
[$\Delta\mathcal{L} = 6'\frac{1}{6} = 24^s\frac{2}{3}$; $\Delta\varphi = -1'50'',5$ (et 1767, M.419) : $\Delta\varphi = -1'47''$.]

Saint-Hubert. Pass. ♀, 1761 juin 6 (H.99, M.72). — Le Monnier, La Condamine.
[$\Delta\mathcal{L} = 1'56'',5$; $\varphi = 48°53'0''$.]
Pass. ♀, 1769 juin 3 (H.93, M.187). — Le Monnier, de Chabert.

Trianon. Écl. ⊙, 1724 mai 22 (H.87, M.176, 178). — Cassini II, Maraldi I.

Versailles. Écl. ☾, 1710 février 13 (M.175). — Cassini I. [$\Delta\mathcal{L} = 0^m 50^s$.]
Écl. ⊙, 1710 février 23 (M.195). — Cassini II.
Écl. ⊙, 1722 décembre 8 (M.329). — Cassini II, Maraldi I.
Écl. ⊙, 1737 mars 1 (M.136). — Cassini II.

n'y a d'exception que pour le Louvre où J.-S. Bailly [1], établit une modeste installation astronomique, dans l'appartement occupé par sa famille depuis plus d'un siècle (1663).

Les registres manuscrits qui nous restent de Bailly avaient passé entre les mains de Lalande, ainsi qu'il résulte des indications manuscrites de celui-ci; ils se trouvent aujourd'hui aux archives de l'Observatoire de Paris, où ils portent les cotes C. 5 13-19. De ces 7 registres, 6 ne renferment que des calculs et ne nous apprennent rien sur l'observatoire dont il s'agit.

---

(1) *Jean-Sylvain* BAILLY (Paris, 1736 septembre 15 — † 1793 novembre 10), représentant de la quatrième génération d'une famille d'artistes, était fils de Jacques Bailly (1701-1768), peintre, garde des tableaux du roi et auteur dramatique.

Il fut destiné à la peinture; mais, porté vers les études littéraires par ses dispositions naturelles, il composa d'abord des tragédies que de vrais amis l'engagèrent à garder en porte-feuille et qui paraissent être encore inédites en partie. Ses relations personnelles lui ayant fait connaître La Caille, l'amitié de cet astronome, ses leçons et surtout son exemple, le tournèrent vers l'astronomie. Cependant il eut la successionde son père en survivance par brevet de 1754, et il conserva sa charge jusqu'à la Révolution.

Devenu l'élève et l'ami de Clairaut, comme il l'était déjà de La Caille, il profita des leçons de ces deux illustres maîtres et cultiva à la fois la théorie et la pratique astronomiques. Ses travaux sont presque uniquement relatifs à Jupiter et surtout à ses satellites : pour ceux-ci, il leur applique la théorie de la Lune de Clairaut; en outre il étudie leurs équations optiques par la méthode des diaphragmes due à de Fouchy. Son ouvrage le plus connu est l'*Histoire de l'Astronomie*, composée de 5 volumes in-4° et d'un supplément en 2 volumes in-8° (*Astr. ind. et orient.*, 1787; — *Astr. anc.*, 1775, avec suppléments in-8° 1777, 1779; — *Astr. mod.* jusqu'à 1781, vol. I, II, 1778; vol. III, 1782).

Élu à l'Académie des Sciences, comme adjoint astronome, le 29 janvier 1763, il devint associé astronome le 14 juillet 1770. Il fut appelé à l'Académie française le 26 février 1784 et à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres en 1785 : en dehors de certains membres honoraires, il fut ainsi le premier, après Fontenelle, qui ait appartenu à trois de nos Académies.

Deux rapports dont il avait été chargé à l'Académie des Sciences, sur le magnétisme animal (1784) et sur le projet d'un nouvel Hôtel-Dieu (1787), avaient popularisé son nom. Aussi fut-il successivement premier député de Paris (1789), premier président des États-Généraux quand ils se furent déclarés constituants et premier maire de Paris (1789 juillet 15 — 1791 novembre 18).

Depuis assez longtemps déjà il était perdu pour l'astronomie, et il disait lui-même qu'à peine se souvenait-il d'avoir été astronome.

Il a été l'objet d'un assez grand nombre d'éloges ou d'études biographiques; citons succinctement : Mérard de Saint-Just, 1794; — Delisle de Salles ; — Lalande, *Bibl.*, p. 730-736, — Boudrot dans *Galerie. fr.*, t. III, — Arago, *Œuvres. Not. biogr.*, II, p. 247-426; — A. Jal, *Dict. critique de Biogr. et d'Hist.*, 2e édition, 1872. — Guiffrey et F. Engerand, *Nouv. Arch. de l'Art fr.*, 1896, p. 113-136; — F. Engerand, *Inv. des tableaux de roy...*, par N. Bailly.

L'autre (C. 5 15) est visiblement le *Journal* des observations de Bailly; il est écrit sans lacunes et s'étend de 1759 mai 3 à 1763 août 14, mais n'est pas terminé, ayant à la fin 23 pages en blanc. D'après cela il est bien peu probable qu'il ait été continué par un autre registre, aujourd'hui inconnu, car après la mort de La Caille (1762 mars 21) et après son entrée à l'Académie (1763 janvier 29) Bailly observa peu et d'une manière seulement accidentelle.

Emplacement, coordonnées. — Nulle part Bailly ne donne les coordonnées de son observatoire, placé aux galeries du Louvre.

Quoique, dit-il (*Mém. Acad.*, 1765, p. 396), la position des galeries du Louvre, dont une des faces regarde le midi [1], paroisse assez favorable aux observations astronomiques, je me trouve cependant très-gêné dans le lieu où j'ai été obligé d'établir mon observatoire; c'est dans une des croisées de l'étage supérieur : il n'y a rien à désirer du côté de la solidité, car la pièce où cette croisée se trouve, porte presque entièrement sur des voûtes, et non seulement l'étage inférieur, qui est immédiatement au-dessous, est voûté; mais tous les autres jusqu'aux fondemens. La partie que mon observatoire occupe porte sur les gros murs qui ont six pieds d'épaisseur; mais l'immutabilité du lieu est bien achetée par les autres incommodités.

L'emplacement n'a en tout que 6 pieds de long, sur 5 de large, ce qui m'interdit l'usage des grandes lunettes que je ne pourrois pas y mouvoir; j'ai fait faire sur un grand balcon qui tient à la croisée, un châssis qui saille de 10 pouces pour pouvoir découvrir par les côtés le levant et le couchant, toutes les pièces de ce châssis se démontent, afin de ne point barrer la direction des instrumens qui sont dans la croisée : j'y ai établi un instrument des passages, avec un sextant de 6 pieds de rayon. Je suis obligé de me renfermer dans les seules observations qui se peuvent faire au méridien, encore faut-il que la hauteur des astres observés n'excède pas 65 degrés.

En parlant ainsi, le 19 décembre 1764, Bailly devait penser surtout à l'avenir, car son journal montre que jusque-là il n'a guère observé qu'à la machine parallactique, abstraction faite des hauteurs correspondantes du Soleil pour régler la pendule ou vérifier une méridienne.

Une note manuscrite de son journal (C. 5, 15, p. 58), à la date du 30 juillet 1760, va nous permettre de préciser la position de son observatoire dans le Louvre : je la transcris en entier, sans les négligences d'orthographe et en ajoutant des numéros qui permettront de désigner plus facilement les divers points visés.

Avec un graphomètre à lunettes j'ai déterminé la position du balcon qui me sert à observer.

---

(1) Il disposait aussi de pièces exposées au Nord, où il transporta quelquefois sa machine parallactique (*Mém. Acad.*, 1763, p. 229).

Le méridien est incliné au plan des galeries du Louvre en sorte que je vois 40 degrés de plus vers l'occident que vers l'orient.

1....	69°40′	amplit. or.	
2....	107.28	amplit. occ.; donc	
3....	177. 8	d'horizon.	
4....	27.28	de la barre orientale du belvédère de M. d'Hacqueville	Distances occid. au méridien.
5....	59. 8	à la croix des Théâtins	
6....	70.56	à la lanterne des Invalides	
7....	83.36	à la dernière cheminée de l'hôtel de Mailly	
8....	31.16	à la croix des Quatre-Nations	Distances orient. au méridien.
9....	43.13	à la première cheminée du pavillon de l'hôtel de Conti, en allant vers l'orient	
10....	56.34	à la croix du clocher de la Ste-Chapelle	
11....	65.54	à la croix de la tour de l'horloge du Palais	

Les points 5, 6, 8, 10 et 11 sont les seuls dont nous ayons les coordonnées, fournies par T_1, T_2, et T_v. Théoriquement, trois de ces points 5, 6, ... suffiraient pour déterminer celui d'où Bailly a mesuré les angles ci-dessus; mais pour reconnaître, au besoin, les erreurs, nous ajouterons d'autres données parfaitement sûres que fournit le plan de Paris à $\frac{1}{500}$.

Appelons :

O l'origine habituel de nos coordonnées (Observatoire, à l'intersection de la méridienne et de sa perpendiculaire);

A le point où cette méridienne rencontre la direction de la face sud des galeries du Louvre, et dont le $\Delta\varrho$ est $2578^{\text{m}},17$;

X le point cherché, sur la même face sud des galeries;

XO′ la méridienne du point X, vers le Sud;

A′ le pied de la perpendiculaire abaissée de X sur OA;

S un quelconque des points 5, 6, ..., 11. Nous les distinguerons par les lettres S_5, S_6, ..., l'indice correspondant au numéro.

La triangulation même (¹) du plan de Paris donne $OAX = 109°34'10''$; et pour les coordonnées des divers points A, S_5, ..., nous avons (T_1, T_2, T_v), les nombres donnés en toises dans les colonnes $\Delta\varrho$ et $\Delta\varphi$ du Tableau ci-après. En y joignant les nombres de Bailly, rapportés ci-dessus, on en déduit les autres nombres du même Tableau, par des calculs de trigonométrie plane sur lesquels il est inutile de donner plus de détails.

(¹) Les deux nombres $2578^{\text{m}},17$ et $109°34'10''$ nous ont été fournis très obligeamment par M. J.-M. Petit, géomètre en chef du plan de Paris.

	Δℒ.		Δφ.		Δ.Δφ.	OAS.	Log AS.	SAX.	SXA.	ASX.	AX.
	T	m	T	m	m	° ′ ″		° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	m
S_5...	211,2=	411,60	1271,0=	2477,2	101,0	76.12.48	2,62717	33.21.22	129.33.50	17. 4.48	161,5
S_6...	903,8	1761,50	1065,3	2076,3	501,9	74. 5.46	3,26283	35.28.24	141.21.50	3. 9.46	161,8
S_8...	16,3	31,8E	1192,8	2324,8	253,4	7. 9.10	2,40721	116.43.20	39. 9.50	24. 6.50	165,2
S_{10}...	321,2	626,0E	1084,7	2114,1	464,1	53.26.52	2,89169	163. 1. 2	13.51.50	3. 7. 8	176,9
S_{11}...	363,8	709,1E	1131,5	2205,3	372,9	62.15.40	2,90373	171.49.50	4.31.50	3.38.20	643,7
S'_6...	»	1760,54	»	2078,26	499,9	74. 8.54	3,26249	35.25.16	141.21.50	3.12.54	164,4
S'_8...	»	31,70	»	2326,35	251,8	7.10.30	2,40450	116.44.40	39. 9.50	24. 5.30	164,1

L'angle de Bailly relatif au point 11 est donc entaché d'erreur, et celui relatif au point 10 est suspect.

Les colonnes horizontales correspondant à S'_6 et S'_8 donnent les résultats du calcul pour les points 6 et 8 quand on adopte les Δℒ et Δφ de T_{1896}.

La distance actuelle du point A au milieu de la porte de la cour Lefuel, sur le quai, est de $148^m,78$. A ce milieu correspond le milieu d'une des fenêtres de l'étage *supérieur* dont parle Bailly; et la distance des milieux de ces fenêtres de l'une à l'autre (étage supérieur) est de $11^m,05$. L'Observatoire de Bailly était donc probablement à la grande fenêtre qui, en allant vers l'Ouest, suit celle placée au-dessus de la porte de la cour Lefuel (1).

La distance de son milieu au point A est de $159^m,83$. On a donc pour les coordonnées de l'observatoire de Bailly :

$$\Delta\mathcal{L} = 150^m,60 \text{ ou } 0'7'',39 = 0^s,4930; \qquad \Delta\varphi = 2578^m,17 + 53^m,54 \text{ ou } 1'25'',20;$$
$$\varphi = 48°51'36'',20.$$

NAVIGATION. — *Les mines errantes sur l'Atlantique nord.*
Note (2) de S. A. S. le Prince **Albert de Monaco.**

A mesure que la navigation redevient plus active sur l'Atlantique nord, les rencontres de mines errantes sont plus nombreuses et la surface que ces engins parcourent se montre plus vaste. En même temps les précisions fournies par mes travaux sur les courants de cette mer sont confirmées.

---

(1) Toutefois les nombres ci-dessus n'excluent pas absolument la fenêtre suivante. Si l'on pouvait admettre, contrairement à l'expression de Bailly, que les instruments fussent à l'étage *intermédiaire*, les résultats que nous venons de trouver indiqueraient la fenêtre de cet étage intermédiaire dont le milieu est à $165^m,35$ du point A : c'est la troisième à l'ouest de celle qui surmonte aussi la porte de la cour Lefuel.

(2) Séance du 8 mars 1920.

Après les observations recueillies par le *Bureau hydrographique* de Washington à la fin de 1918 et au commencement de 1919, et qui m'ont apporté les éléments de mes deux premières Notes [1] sur 26 mines repérées, voici une troisième Note sur le même sujet. Cette fois, les éléments de mon travail s'accroissent de 34 mines signalées pendant les deux derniers trimestres de 1919 par le même *Bureau*.

L'aire des rencontres de ces engins ne se borne plus à un millier de kilomètres sur un champ allongé de l'Ouest à l'Est comprenant l'Archipel des Açores. Elle joint désormais les deux rivages de l'Atlantique nord, depuis Gibraltar jusqu'à la côte des États-Unis; et sur la moitié orientale de cet océan elle s'est répandue entre les latitudes de 36° et 58° Nord. De là résulte que la route d'Europe vers les États-Unis, indiquée dans mes Notes précédentes comme offrant le moindre danger, voit désormais sa limite méridionale reportée jusqu'à 58° de latitude Nord.

Le danger est considérable, sans doute, par le nombre et la mobilité des points sur lesquels il se présente dans l'Atlantique nord, mais d'autre part la surface du champ que ces mines visitent déjà est immense. Dès lors, le mètre carré que chacune d'elles occupe n'est presque rien devant l'étrave d'un bateau, qui doit la heurter pour qu'une catastrophe se produise.

Néanmoins, le fait que des navigateurs en signalent très souvent, rapproché du peu de visibilité que ces objets offrent aux regards des vigies, indique bien avec quelle fréquence les navires doivent passer près d'eux sans les voir.

L'aire de dispersion des mines errantes devait naturellement s'élargir avec la durée de leur flottage, car le nombre de celles que des accidents tels que les tempêtes rejettent hors de l'influence directe du courant de Floride augmente chaque année.

Il en est autrement avec les mines errantes de la Méditerranée, où des rivages rapprochés encerclent plus étroitement tout ce qui flotte ou navigue. La mer Baltique et la mer du Nord sont dans le même cas, aussi les catastrophes y ont elles été plus fréquentes, tandis que les engins se raréfiaient plus vite par diverses causes d'épuisement et surtout par leur échouage inévitable et prochain sur les rochers et les plages d'une côte toujours très voisine.

---

[1] *Les mines errantes et leurs inconvénients pour la navigation* (*Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1049). — *Les mines errantes sur l'Atlantique nord* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 162).

Mines errantes
Signalées par l'"Hydrographie Office" de Washington en 1919.

Nos

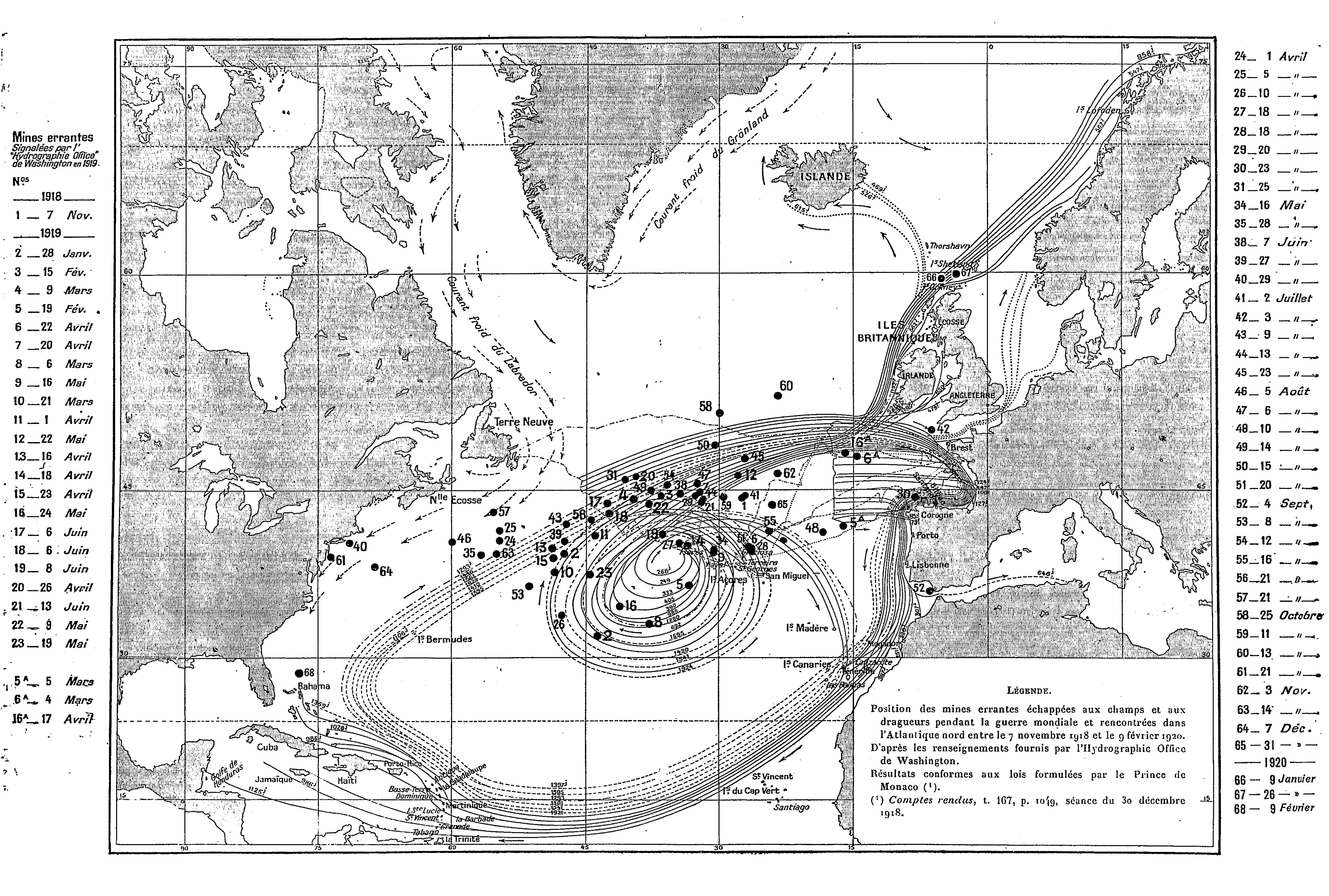
—— 1918 ——

1 — 7 *Nov.*

—— 1919 ——

2 — 28 *Janv.*
3 — 15 *Fév.*
4 — 9 *Mars*
5 — 19 *Fév.*
6 — 22 *Avril*
7 — 20 *Avril*
8 — 6 *Mars*
9 — 16 *Mai*
10 — 21 *Mars*
11 — 1 *Avril*
12 — 22 *Mai*
13 — 16 *Avril*
14 — 18 *Avril*
15 — 23 *Avril*
16 — 24 *Mai*
17 — 6 *Juin*
18 — 6 *Juin*
19 — 8 *Juin*
20 — 26 *Avril*
21 — 13 *Juin*
22 — 9 *Mai*
23 — 19 *Mai*

5^A — 5 *Mars*
6^A — 4 *Mars*
16^A — 17 *Avril*



Légende.

Position des mines errantes échappées aux champs et aux dragueurs pendant la guerre mondiale et rencontrées dans l'Atlantique nord entre le 7 novembre 1918 et le 9 février 1920. D'après les renseignements fournis par l'Hydrographic Office de Washington.

Résultats conformes aux lois formulées par le Prince de Monaco (¹).

(¹) *Comptes rendus*, t. 167, p. 1049, séance du 30 décembre 1918.

24 — 1 *Avril*
25 — 5 — » —
26 — 10 — » —
27 — 18 — » —
28 — 18 — » —
29 — 20 — » —
30 — 23 — » —
31 — 25 — » —
34 — 16 *Mai*
35 — 28 — » —
38 — 7 *Juin*
39 — 27 — » —
40 — 29 — » —
41 — 2 *Juillet*
42 — 3 — » —
43 — 9 — » —
44 — 13 — » —
45 — 23 — » —
46 — 5 *Août*
47 — 6 — » —
48 — 10 — » —
49 — 14 — » —
50 — 15 — » —
51 — 20 — » —
52 — 4 *Sept.*
53 — 8 — » —
54 — 12 — » —
55 — 16 — » —
56 — 21 — » —
57 — 21 — » —
58 — 25 *Octobre*
59 — 11 — » —
60 — 13 — » —
61 — 21 — » —
62 — 3 *Nov.*
63 — 14 — » —
64 — 7 *Déc.*
65 — 31 — » —

—— 1920 ——

66 — 9 *Janvier*
67 — 26 — » —
68 — 9 *Février*

Par contre, jadis les mines errantes de la guerre du Japon avec la Russie produisirent des naufrages pendant plusieurs années à cause du grand espace ouvert à leur dispersion.

Si l'observation de la marche suivie pendant les années 1885, 1886, 1887, 1888 et quelques-unes des années postérieures, par les flotteurs de mes expériences sur le courant du Gulf-Stream, m'a permis, trente ans plus tard, de donner la marche que devaient suivre sur l'Atlantique nord les mines de la guerre allemande, il est certain, d'autre part, que l'observation de la marche suivie pendant les années 1918 et 1919 par ces mines, confirme largement le résultat fourni autrefois par les expériences susdites.

Mais il reste à attendre la connaissance du flottage des mines, qui, après l'accomplissement d'un premier cycle complet entre l'Europe et l'Amérique, n'ont encore fait constater que le demi-cycle de leur retour, et qui s'éloignent pour la seconde fois de l'Europe en recommençant un nouveau cycle.

Si aucune mine n'a encore été signalée sur ce parcours, il faut l'attribuer à plusieurs causes. La navigation est loin d'avoir repris son activité normale et surtout celle qui régnait au temps de la marine à voiles dans cette région; les services hydrographiques ont subi partout une diminution et une spécialisation militaire provoquées par les désordres de la guerre; l'aire de dispersion des mines y est beaucoup plus vaste que dans la région du Nord. Enfin, toute la surface de l'Atlantique nord, située au sud des Iles Canaries et que le vent alizé balaye jusqu'aux Antilles, est assez troublée par ce vent pour que la reconnaissance des mines y soit difficile.

Au contraire de ces obstacles, la rencontre et la visibilité des mines sont favorisées dans la moitié septentrionale du cycle par le resserrement de celle-ci entre les Açores et le courant froid, par l'existence de périodes de calme et d'une route maritime plus fréquentée et plus concentrée.

AVIATION. — *Quelques considérations sur les vols aux très grandes altitudes et sur l'emploi du turbo-compresseur.* Note [1] de M. **A. Rateau**.

1. Dans sa Note du 1er mars, t. 170, 1920, p. 557, sur *L'adaptation des moteurs à explosion aux hautes altitudes*, M. J. Villey énonce des idées et des faits qui appellent la discussion; il donne, sur les résultats obtenus avec le

[1] Séance du 22 mars 1920.

turbo-compresseur, certains chiffres du début de nos essais susceptibles de répandre des notions inexactes. Quelques précisions sont donc nécessaires.

Voici plus de trois ans que nous avons commencé nos études avec la Section technique de l'Aéronautique, et, plus particulièrement, avec le Service de M. le commandant Martinot-Lagarde. Jusqu'à ce jour, nous avons travaillé sans rien publier de nos résultats. Maintenant, en présence des publications qui sont faites aux États-Unis, en Angleterre, en France même, nous ne pouvons plus rester silencieux.

Les Américains, qui ont compris toute l'importance de la question, avancent vite : ce sont eux qui, aujourd'hui, détiennent le record d'altitude par presque 11000^m. Ils ont commencé après nous l'application des turbo-compresseurs, en s'inspirant de ce que nous avions fait en 1917 et 1918, ce qu'ils se gardent d'ailleurs de dire. Nous revendiquons les premières réalisations.

Je profiterai de cette Note pour donner quelques explications sur les récentes et intéressantes tentatives de vols à 12000^m du major R.-W. Schrœder et du lieutenant J. Weiss ; le premier a atteint près de 11000^m, le second, moins heureux, 8000^m seulement, tous deux arrêtés par le fonctionnement défectueux des appareils respiratoires à oxygène.

2. *Le moteur allégé.* — L'idée principale de M. Villey est que l'on pourrait tirer bon parti, pour les vols à haute altitude, de ce qu'il appelle le moteur allégé, qui n'est qu'un moteur ordinaire étudié spécialement pour n'être jamais alimenté qu'à une pression très inférieure à la pression barométrique normale au sol. Je pense, au contraire, et je l'ai déjà dit implicitement dans mes précédentes Notes, que cette solution ne peut entrer en comparaison avec la combinaison moteur ordinaire et turbo-compresseur, appelée *moteur suralimenté*, que j'ai préconisée et mise au point, et qui, seule, permettra d'atteindre les très hautes altitudes, de l'ordre de 12000^m, actuellement visées.

En effet, outre les difficultés d'allumage d'un mélange à faible pression et froid que signale M. Villey, il y a d'autres raisons qui rendent le moteur allégé impuissant. Elles proviennent principalement des résistances passives. Le couple utile Γ, à vitesse de rotation déterminée et carburation bien réglée au même taux, n'est proportionnel ni à la pression, ni au poids spécifique ϖ de l'air, mais plutôt à $\varpi - \upsilon$, υ étant une constante, voisine de 0,11. Autrement dit, le couple est à peu près fonction linéaire de ϖ, et il s'annule (le moteur ne donne plus aucune puissance utile) pour $\varpi = 0,11$

environ. Il en est du moteur à explosion comme des autres. Pour tous, le couple, à vitesse de rotation fixe, est sensiblement proportionnel à la pression d'alimentation du fluide moteur *diminuée d'une constante*. Cela a été indiqué depuis longtemps, pour les moteurs à vapeur à piston, par Willans, et, pour les turbines à vapeur, par moi-même. C'est vrai aussi, je crois, pour les turbines hydrauliques.

Dès lors, comparons un moteur ordinaire fonctionnant au sol, où $\varpi_0 = 1,22$ par exemple, à un «allégé» fonctionnant à $Z = 12000^m$, où le poids spécifique est réduit au quart : $\varpi = 0,3$, et supposons $\upsilon = 0,11$. Dans le premier cas, $\varpi_0 - \upsilon = 1,11$; dans le deuxième, $\varpi - \upsilon = 0,19$. Donc, pour rétablir la puissance, il faut, la course des pistons restant la même, multiplier les sections des cylindres par $\frac{1,11}{0,19} = 5,85$, et non pas seulement par 4. Ils deviendraient énormes, les soupapes aussi. Quoique les pressions soient plus faibles, on ne pourrait pas réduire notablement l'épaisseur des pièces; le moteur serait beaucoup plus long; et ce n'est pas un supplément de poids de 10 pour 100, comme le pense M. Villey, qui se présenterait, mais peut-être plus de 100 pour 100. Pour le savoir au juste, il faudrait dessiner le moteur ainsi compris. Il resterait à le faire marcher sans danger aux faibles altitudes, à le protéger efficacement contre une alimentation intempestive aux pressions normales.

On pourrait croire que la constante υ deviendrait plus faible pour le moteur allégé; l'inverse est plus probable, car, les pistons étant beaucoup plus gros, leurs frottements et ceux des bagues seraient très certainement augmentés.

Ce n'est pas tout : à cause de la plus grande importance relative des pertes passives, la consommation d'essence serait désastreuse. En effet, la dépense par cheval-heure est, ainsi que je l'ai démontré précédemment, à peu près proportionnelle à $\frac{\varpi}{\varpi - \upsilon}$. Entre la dépense à $Z = 12000$ et celle à $Z = 0$, on aurait donc un rapport de l'ordre de

$$\frac{\varpi}{\varpi - \upsilon}\,\frac{\varpi_0 - \upsilon}{\varpi_0} = \frac{0,3}{0,19}\,\frac{1,11}{1,22} = 1,43.$$

On consommerait 43 pour 100 d'essence de plus au cheval-heure. Ce serait prohibitif, au moins pour l'aviation civile, qui ne peut envisager les vols à très haute altitude que pour de très longs parcours.

3. *Emploi du turbo-compresseur.* — Avec l'aide du turbo-compresseur,

par contre, la consommation par cheval-heure reste sensiblement la même qu'au sol, et le poids total n'est pas augmenté de plus de 20 pour 100, ainsi que l'a dit M. Villey; cela dépend, d'ailleurs, de la force du moteur et du rapport de compression demandé au ventilateur. Les premiers que nous avons exécutés ont été étudiés pour doubler la pression. Ils n'ont qu'une roue. A $Z = 12000^{m}$, ils seraient incapables de rétablir la pression d'alimentation à beaucoup plus de la moitié de la pression au sol, et l'on se trouverait alors dans un cas intermédiaire entre le moteur allégé pur et la suralimentation parfaite. Mais, si l'on voulait quadrupler la pression, il n'y aurait pas de difficulté technique à réaliser un ventilateur à deux roues, ou à mettre en série deux turbo-ventilateurs à roue unique. L'augmentation de poids serait, il est vrai, plus forte, de l'ordre de 25 à 30 pour 100, cependant bien inférieure encore à celle du moteur allégé.

4. *Résultats obtenus avec le turbo-compresseur.* — M. Villey dit à propos des turbo-compresseurs :

« Ils n'ont été appliqués jusqu'ici que pour des altitudes assez basses. Dans la réalisation des moteurs suralimentés, on atteint à peine $Z = 4000^{m}$ (altitude pour laquelle on peut encore obtenir une masse de cylindrée égale à celle du sol). On est actuellement limité par le rendement des turbo-compresseurs. »

Ces assertions doivent être révisées. C'était vrai en 1918, au moment de nos toutes premières expériences de mise au point. Ce ne l'est plus depuis longtemps.

Beaucoup de turbos sont maintenant installés sur des avions Bréguet de corps d'armée qui, en charge, pèsent 1700^{kg}, et ont, sans eux, une hauteur de plafond d'environ 6000^{m}. L'adjonction du turbo exhausse le plafond de 3500^{m} au moins. A 6000^{m}, ancien plafond, la vitesse en palier dépasse 200^{km} à l'heure au lieu de 145. On vole quand on veut, et l'on a volé maintes fois au-dessus de 7000^{m}. On ne le fait pas souvent, parce que ce n'est pas, pour le moment, très utile et qu'il y a toujours quelque risque à se servir des appareils à oxygène pour suppléer à la respiration naturelle insuffisante.

Ce n'est pas à $Z = 4000^{m}$ que le turbo peut rétablir la pression du sol, mais à 5500^{m} et même à 6000^{m}; c'est une simple question de section du distributeur de la turbine. Au delà, il la double. On l'a bien vu au cours du vol d'août 1919, qui a permis au lieutenant J. Weiss d'établir le record d'altitude avec passager, homologué à 9000^{m} au-dessus du champ de Villacou-

blay, qui est lui-même à 175^m d'altitude, soit 9175^m au-dessus de la mer, et cela avec avion ordinaire et moteur de 300 HP seulement. Cette fois les appareils à oxygène ont bien fonctionné; ni le pilote, ni le passager n'ont ressenti la moindre incommodité. A cette hauteur, l'avion n'était pas au plafond, car il avait encore une vitesse ascensionnelle notable. Le pilote n'est redescendu que parce qu'il se faisait tard, et qu'il a craint d'être surpris par l'obscurité.

Il n'est pas exact qu'on est limité par le rendement des turbo-compresseurs. Ce rendement, si l'on entend par là, comme de coutume, le rapport du travail utile au travail dépensé, est sensiblement le même à toutes les altitudes, sauf tout près du sol où l'usage du turbo est sans intérêt.

Ce qui limite, c'est uniquement le risque, pour les personnes, d'aller dans les régions où l'air est très raréfié et très froid. La navigation aérienne ne pourra y devenir courante que le jour, prochain sans doute, où l'on aura réalisé des chambres étanches permettant de vivre aux pressions et aux températures habituelles.

5. *Record du major Schrœder.* — Le 27 février dernier, le major R. W. Schrœder, chef des pilotes pour essais, à Dayton (Ohio), est monté à 36020 pieds, soit à 10969^m, barographe vérifié, disent les journaux d'Amérique, mais non officiellement homologué. Ce n'a pas été d'ailleurs sans peine. Parti sur un avion muni d'un moteur Liberty de 400 HP, suralimenté par turbo-compresseur, M. Schrœder avait l'intention d'atteindre 12000^m. Mais, à 11000^m, l'appareil à oxygène cessa de fonctionner, et le pilote perdit connaissance; pas complètement, toutefois, puisqu'il put heureusement encore manœuvrer, par une sorte d'automatisme des gestes, et atterrir correctement après 2 heures 5 minutes de vol. Mais il était inerte et aveuglé, les yeux gelés; la température observée à 11000^m était de $-55°$C. Il dit avoir ressenti comme une terrible explosion dans sa tête au moment où l'oxygène vint à manquer.

Sur le point de perdre entièrement le contrôle de ses mouvements, il a ramené vivement le levier de commande aux faibles incidences pour descendre rapidement en plané, et le barographe montre qu'il est descendu de 8000^m en 2 minutes, soit une chute en verticale de 67^m par seconde. Nous allons voir un chiffre trois fois plus fort.

6. *Tentative récente du lieutenant J. Weiss.* — Tout dernièrement, le 19 mars, le lieutenant J. Weiss a essayé aussi d'atteindre 12000^m avec un avion Nieuport, muni d'un moteur Hispano de 300 HP et d'un turbo-

compresseur capable de doubler la pression d'alimentation aux grandes altitudes, et par là d'élever le plafond à certainement plus de 12000^m. La tentative a échoué ; mais elle est instructive à plus d'un titre. C'est encore une imperfection de l'appareil respiratoire qui a arrêté l'aviateur à 8000^m d'altitude.

Constatant l'insuffisance d'oxygène, et se sentant en danger de perdre connaissance, M. Weiss fit comme M. Schrœder. Après avoir coupé l'allumage, il disposa l'appareil en descente rapide, et put atterrir, après 51 minutes de vol, sans aucun dommage pour lui, mais non pas pour son appareil qui faillit se briser en l'air; les oreilles des deux ailerons avaient disparu, et quelques nervures avaient cédé.

Les courbes des barographes enregistreurs révèlent que M. Weiss est descendu de 4300^m en 38 secondes, avec une pente qu'il estime voisine de de 45°, soit à une vitesse verticale moyenne de 113^m par seconde (de 70 pour 100 supérieure à celle du major Schrœder), ou plus de 400^{km} à l'heure, et, sur trajectoire, de l'ordre de 560^{km} à l'heure.

Dans la première phase de la descente, précédant celle du rétablissement en vol horizontal, l'allure a été beaucoup plus rapide encore; M. Weiss l'estime à 200^m par seconde au moins. Le barographe montre, en effet, une chute de 2800^m en 14 secondes environ. Mais l'appréciation d'un temps aussi faible est incertaine. Si elle était juste, cela ferait une vitesse de chute de 720^{km} à l'heure, et une vitesse sur trajectoire de plus de 280^m par seconde, ou plus de 1000^{km} à l'heure, approchant celle du son (environ 315 m : sec.) dans l'air à −25°. Aussi, l'appareil vibrait-il énergiquement, menaçant de se rompre; il est surprenant qu'il ait, sans trop souffrir, résisté à un tel régime.

Une vitesse de cet ordre est-elle possible? La charge de l'avion en question était d'environ 40^{kg} par mètre carré d'ailes. De ce chiffre, en admettant que la loi de proportionnalité des actions de l'air aux carrés des vitesses se poursuit jusque-là, on peut déduire que la vitesse maximum, sur trajectoire verticale, en ne tenant compte que de la résistance à l'avancement des ailes, à l'altitude moyenne de 7000^m, est d'environ 350 m : s. Pour qu'elle atteigne réellement 280 m : s, les résistances du fuselage, de l'hélice, etc. ne devraient pas être supérieures à 56 pour 100 de celle des ailes. C'est manifestement trop peu. J'incline donc à penser que la vitesse maximum sur trajectoire n'a pas pu dépasser environ 750^{km} à l'heure, chiffre quand même formidable. Il a fallu au pilote une maîtrise exceptionnelle pour rétablir bien progressivement (en 24 secondes) l'horizontalité du vol sans briser son appareil.

L'essai a montré de plus que la pompe à essence ne fonctionnait pas bien et que le turbo ne doublait pas la pression. Ce sont là, en effet, les deux points délicats.

Quand la pression est faible, l'essence se vaporise volontiers, et la pompe devient capricieuse. C'est elle qui nous a donné le plus de peine.

D'autre part, pour que le ventilateur produise toute son efficacité, il faut, naturellement, que l'étanchéité des tuyauteries de gaz et d'air soit parfaite. Il faut encore que la section du distributeur de la turbine soit correctement harmonisée avec la capacité de débit du moteur. Les dimensions de l'hélice ont aussi une grande influence. De petites différences de section du distributeur font varier considérablement le régime de marche de l'ensemble. Aussi est-il nécessaire de régler cette section après essais en vol.

MYCOLOGIE. — *Fructifications de Champignons découvertes dans l'ongle par Louis Jannin.* Note (1) de M. **Paul Vuillemin.**

En publiant une observation trouvée dans les notes de Louis Jannin, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Bordeaux, je tiens à rendre hommage à la mémoire de l'un de mes plus chers élèves, dont la trop courte carrière a été tout entière consacrée à la Science.

Le sujet de cette observation est un cultivateur des environs de Bordeaux. Un ongle de la main était gonflé et dissocié. A l'œil nu ou avec l'aide de la loupe, on distingue dans l'épaisseur des squames des masses noires, d'un demi-millimètre environ, rondes, disséminées, paraissant indépendantes. Si l'on examine au microscope les squames traitées ou non par la potasse étendue, on reconnaît que chaque masse est constituée par un feutrage mycélien très serré; il en part des filaments stériles, cloisonnés, à paroi brune ou noire, souvent épaisse, formant un réseau de plus en plus lâche, en sorte que les masses arrondies ne sont reliées que par des filaments épars.

Les boules noires se composent d'une coque dure et sombre dépourvue d'orifice et d'un noyau pâle, plus tendre. Si l'on écrase l'une d'elles parvenue à maturité, elle éclate; on aperçoit dans l'intérieur un grand nombre de corps ovoïdes, assez réguliers, mesurant $12-17 \times 7-10^{\mu}$, à membrane lisse, à double contour, fortement colorée. C'est un conceptacle analogue aux périthèces des Plectascinés.

(1) Séance du 22 mars 1920.

On ne peut nier que le Champignon ait poussé et fructifié dans le tissu corné et qu'il ait provoqué l'hypertrophie et la dissociation de l'ongle; il s'agit d'un cas de parasitisme, du développement corrélatif d'un champignon et d'une lésion de l'ongle, d'une onychomycose.

Jannin obtint d'abondantes cultures en semant sur carotte stérilisée, à une température voisine de 30°, des débris d'ongle malade et suivit le développement des filaments et des fructifications. On aperçoit d'abord des filaments diffus, variant du brun plus ou moins clair au noir; leur paroi, plus ou moins fuligineuse, varie d'épaisseur; ils sont irrégulièrement cloisonnés; en certains points ils deviennent tortueux, moniliformes; ils ne portent jamais de spores avant de s'être feutrés en conceptacles.

La position systématique du Champignon est d'une appréciation délicate. Jannin admet que les corps ovoïdes sont des stylospores et que les conceptacles sont des pycnides astomes. Bien que les Champignons à pycnides soient vraisemblablement apparentés aux Ascomycètes, les pycnides ne sont pas des périthèces. A défaut d'autres fructifications, Jannin range son parasite parmi les Sphæropsidales dans la famille des Sphéroidacées Phéosporées; il ajourne la détermination du genre et de l'espèce.

Jannin ne semble pas s'être arrêté définitivement à cette solution. « Conidies? Asques? » La question est posée en marge du titre du Mémoire ébauché : « Présence d'un Champignon à pycnides dans les lésions humaines. » La réponse n'est pas ferme : « Conidies et non asques dont elles ne possèdent point les caractères. » C'est une donnée négative. Les caractères d'asques n'ont pas été aperçus, mais les caractères de conidies sont-ils mieux établis? Nous ne trouvons aucune indication sur le mode d'insertion des corps ovales. Naissent-ils isolés ou en chaînettes? Ont-ils un ou deux hiles? Leur contenu est-il indivis ou fractionné? Sont-ils sessiles ou pédiculés?

A défaut de documents naturels, malheureusement perdus, j'ai cherché à me renseigner sur ces divers points, en examinant à la loupe deux microphotographies représentant des conceptacles écrasés au grossissement de 175 diamètres. Les épreuves sont assez nettes pour permettre des mensurations et fournir des précisions sur les connexions des éléments.

La coque charbonneuse est constituée par un plectenchyme, prolongé en dehors par des filaments irrégulièrement cylindriques à paroi sombre et épaisse, cloisonnés et ramifiés; elle se continue en dedans par un noyau incolore, compacte, atteignant le centre sans laisser de lacune. Rien n'indique une chambre tapissée d'une membrane fertile, d'un hyménium

conidifère ou ascifère. Le plectenchyme incolore, formé de petites cellules polyédriques, est traversé en tous sens par des filaments rarement rectilignes sur une longueur dépassant dix fois le diamètre, plus souvent tortueux ou même enroulés en pelotons, où l'on distingue jusqu'à cinq tours serrés. Les corps ovales sont entremêlés à des tortillons incolores.

De jeunes renflements terminent de courts rameaux; des corps ovoïdes à paroi épaisse et sombre sont unis bout à bout; nous avons distingué un chapelet de trois grains; cette disposition rappelle celle des asques des Plectascinés, tels que les *Penicillium* plutôt que des stylospores tapissant la paroi des pycnides.

Par contre, l'épaisseur de la membrane qui atteint $1^{\mu},5$, sa rigidité, sa teinte sombre, dénotent des éléments propres à disséminer le Champignon, des spores plutôt que des asques.

Nous mentionnerons toutefois un nouvel argument en faveur des asques. Les éléments jeunes et ceux qui, déjà développés, ne sont pas trop opaques laissent clairement discerner dans leur intérieur des boules à contour net dont le nombre peut dépasser huit; quelques-unes semblent unies par paires. A côté de corps ovoïdes crevés et vidés, j'ai même aperçu des corpuscules de $4-5 \times 2-2^{\mu},5$ étranglés au milieu entre deux moitiés subsphériques séparées par une cloison. C'est en somme l'apparence des périthèces charbonneux du genre *Testudina* Bizzozero, avec leur coque astome, leurs asques octosporés, leurs ascospores bicellulaires. Cependant les asques de *Testudina* ont une membrane délicate et la surface des périthèces est chauve et partagée en aires pentagonales comparées à des écailles de tortue. Nous n'avons pas affaire à un *Testudina*. Le Champignon de Jannin rappelle aussi les *Dimerosporium* Fuckel. Sans exagérer l'importance de données insuffisantes, on pourrait soupçonner que les asques se sont enkystés et ont assumé les fonctions habituelles des conidies.

Cette observation, si malheureusement interrompue, pose d'intéressants problèmes.

Telle qu'elle a pu être reconstituée, elle justifie cette conclusion recueillie dans les notes du regretté Louis Jannin : « On n'a jamais vu, et mes préparations sont un document unique, un Champignon, cultivant dans l'épaisseur des tissus cornés, y fournir des fructifications aussi compliquées et volumineuses. »

CORRESPONDANCE.

M. **Maurice de Fleury**, au nom d'un Comité d'organisation, invite l'Académie à se faire représenter, le 11 juillet prochain, à l'inauguration du monument élevé à la mémoire de M. **Lannelongue**, au Castéra-Verduzan (Gers).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions de plusieurs* [1] *variables*. Note de M. **Gaston Julia**.

1. Lorsqu'on envisage une famille de fonctions $f(x, y)$ holomorphes dans un certain volume V de l'espace à quatre dimensions (x_1, x_2, y_1, y_2), correspondant aux deux variables complexes $x = x_1 + ix_2$, $y = y_1 + iy_2$, un intérêt particulier s'attache aux *familles normales dans ce volume*. Une famille sera dite *normale* dans V si, de toute suite infinie formée de fonctions de la famille, on peut extraire une suite partielle qui, dans tout volume fermé V′ intérieur à V, converge uniformément vers une fonction limite, ou vers la constante infinie. La fonction limite, lorsqu'elle existe, sera holomorphe dans V. Si la famille est normale dans une petite hypersphère entourant le point (x_0, y_0), on dit qu'elle est normale au point (x_0, y_0). En vertu du lemme de Borel-Lebesgue, une famille normale en tout point intérieur à un volume V, est normale dans V : car, tout volume fermé V′, intérieur à V, est intérieur à l'ensemble d'un nombre *fini* de petites hypersphères relatives chacune à un certain point intérieur à V, dans chacune desquelles la famille est normale.

Les critériums permettant d'affirmer qu'une famille est normale sont les mêmes pour une variable que pour plusieurs. On peut en donner des démonstrations directes ou utiliser les critériums relatifs aux fonctions d'une variable, en les appliquant successivement à chacune des variables.

1° Les familles *bornées dans* V, c'est-à-dire telles qu'il existe un nombre fixe M pour lequel $|f(x, y)| < M$ dans tout V, sont normales dans V.

---

[1] Pour la simplicité de l'exposition, on se bornera à prendre deux variables, mais tout ce qu'on dira s'étend à un nombre quelconque de variables complexes.

Elles sont *également continues dans* V.

Si une famille est normale dans V et si en un point x_0, y_0, on a

$$|f(x_0, y_0)| < M$$

pour toute fonction de la famille, toutes ces fonctions sont *uniformément bornées dans* V.

Une famille de fonctions, également continues dans V et bornées en un point de V, est normale dans V.

2° Plus généralement, s'*il existe deux valeurs exceptionnelles finies distinctes a et b, telles qu'aucune des fonctions d'une famille ne prenne dans* V *ni la valeur a ni la valeur b, la famille est normale dans* V. Ce dernier critérium en contient plusieurs autres relatifs au cas où les valeurs exceptionnelles des f dans V forment des lignes ou des aires.

II. Envisageant une famille de fonctions holomorphes dans V, qui soit normale dans certaines parties de V et qui cesse d'être normale en certains points intérieurs à V, l'ensemble E formé *des points où la famille cesse d'être normale* jouit de propriétés extrêmement remarquables comme on le verra dans la présente Note et dans celles qui suivront. On peut dire en somme que cet ensemble E *jouit de toutes les propriétés des singularités des fonctions analytiques de plusieurs variables*, bien qu'il n'apparaisse pas comme l'ensemble des points singuliers d'une telle fonction, ainsi qu'on le verra plus loin. Toutes les propriétés de E dérivent du théorème fondamental suivant :

Si une famille de fonctions holomorphes autour du point $x = y = 0$ *est normale en tout point* $x = 0$, y *voisin de* 0, $[0 < |y| < r]$, *mais cesse d'être normale au point* $x = 0, y = 0$, *on peut toujours, quelque petit que soit le nombre positif* η *donné* a priori, *trouver un nombre positif* ε, *de façon que : à tout* x_0 *de module* $< \varepsilon$ *on puisse faire correspondre un* y_0 *au moins de module* $< \eta$, *tel que la famille ne soit pas normale au point* x_0, y_0.

En gros, cela veut dire que les points de E *ne sont pas isolés*.

Voici le principe de la démonstration :

1° En vertu de l'hypothèse et du lemme de Borel-Lebesgue, la famille sera normale pour $|x| \leqq \xi$ et $\eta_1 \leqq |y| \leqq \eta_2$, ξ étant assez petit, ainsi que η_1, η_2 et $\eta_2 - \eta_1$ (¹). On considérera un cercle C de centre O de rayon $\leqq \xi$, dans le plan x, et un cercle Γ de centre O de rayon intermédiaire entre η_1 et η_2

(¹) On peut toujours supposer $\eta_2 < \eta$ donné.

dans le plan y. De toute famille infinie de fonctions f, on peut extraire une famille $f_1, f_2, \ldots, f_n, \ldots$, qui sur (C, Γ) converge uniformément vers une fonction limite ou vers l'infini et il existe une telle famille dont la convergence cesse d'avoir lieu pour $x = y = 0$. En vertu de la relation de Cauchy

$$f_n(x,y) = -\frac{1}{4\pi^2}\int_c\int_\Gamma \frac{f_n(z,z')\,dz\,dz'}{(z-x)(z'-y)},$$

si les f_n convergent uniformément sur C, Γ vers une fonction limite, elles convergent aussi à l'intérieur de (C, Γ), ce qui est contradictoire avec l'hypothèse faite pour $x = y = 0$. Donc, il existe une suite de f_n qui sur (C, Γ) converge uniformément vers l'infini, sans converger vers l'infini au point $x = y = 0$, c'est-à-dire que les $|f_n(0,0)|$ restent bornées $< M$.

2° On en déduit que, pour $n > n_0$, toutes les équations $f_n(0,y) = 0$ ont au moins une racine intérieure à Γ. Ces racines ne peuvent avoir d'autre point limite pour $n = \infty$ que $y = 0$.

3° Si, partant d'une racine de $f_n(0,y) = 0$ intérieure à Γ, on définit par prolongement analytique dans C, à partir de $x = 0$, la fonction algébroïde $y_n(x)$ satisfaisant à $f_n(x, y) = 0$, on verra que l'on peut choisir C assez petit et n_0 assez grand pour que, si $n > n_0$, $y_n(x)$ reste intérieur à Γ quand x décrit C. Pour chaque x_0 intérieur à C, les points $y_n(x_0)$, $n > n_0$, auront au moins un point limite y_0 intérieur à Γ, et en ce point (x_0, y_0) les f_n comme les $f(x, y)$ ne sauraient former une famille normale. C. Q. F. D.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions discontinues d'une classe d'équations fonctionnelles.* Note [1] de M. H. **Mineur**, présentée par M. Andoyer.

Nous nous proposons d'étudier les solutions discontinues des équations fonctionnelles de la forme

$$f[\varphi(x, y)] = \psi[f(x), f(y)]. \tag{1}$$

Nous nous bornerons à considérer les solutions de ces équations $y = f(x)$ telles que à une valeur de x correspond une valeur de y et une seule, et *réciproquement*. Nous dénommerons ces fonctions « fonctions complètes ».

---

[1] Séance du 22 mars 1920.

Nous supposerons de plus que les fonctions φ et ψ qui sont données satisfont aux conditions suivantes :

1° Il existe un nombre α tel que

$$\varphi(\alpha, x) = x;$$

2° La fonction $z = \varphi(x, y)$ et la fonction inverse de celle-ci que nous noterons $x = \varphi'(z, y)$ sont telles qu'à un couple de valeurs des variables correspond une seule valeur de la fonction ;

3° La fonction $\varphi[x, \varphi(y, z)]$ est symétrique par rapport à xyz ;

4° Nous poserons

$$\begin{aligned}
&\varphi_0(x) = \alpha,\\
&\varphi_1(x) = x,\\
&\varphi_2(x) = \varphi(x, x),\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
&\varphi_n(x) = \varphi[x, \varphi_{n-1}(x)],\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

Nous supposerons que la fonction $y = \varphi_n(x)$ est une fonction complète.

Nous appellerons de telles fonctions « fonctions φ ».

I. Le type de la fonction φ est la fonction xy (à condition de se borner à $x > 0$, $y > 0$).

Dans cette première partie, nous généralisons la notation exponentielle :

Nous avons défini $y = \varphi_n(x)$, n étant entier > 0.

Nous posons alors

$$x = \varphi_{\frac{1}{n}}(y),$$

$\varphi_{\frac{1}{n}}(x)$ est la fonction inverse de $\varphi_n(x)$.

Puis

$$\varphi_p\left[\varphi_{\frac{1}{q}}(x)\right] = \varphi_{\frac{p}{q}}(x)$$

et

$$\varphi_{-n}(x) = \varphi'[\alpha, \varphi_n(x)];$$

ces équations définissent $\varphi_n(x)$ quel que soit n rationnel.

Nous démontrons aisément les théorèmes suivants classiques lorsque $\varphi(x, y) = xy$:

$$\varphi[\varphi_n(x), \varphi_p(x)] = \varphi_{n+p}(x) \quad \text{correspond à} \quad x^n x^p = x^{n+p},$$

$$\varphi_n[\varphi_p(x)] = \varphi_{np}(x) \quad \text{»} \quad (x^n)^p = x^{np}.$$

II. Si f est une fonction complète, g son inverse, et φ une fonction φ, la fonction

$$\psi(x, y) = f\{\varphi[g(x), g(y)]\}$$

est une fonction φ.

La démonstration est une simple vérification; la réciproque constitue le théorème d'existence suivant :

« L'équation

$$f[\varphi(x, y)] = \psi[f(x), f(y)], \tag{1}$$

où φ et ψ sont des fonctions φ, a une infinité de solutions complètes et l'ensemble des solutions a même puissance que l'ensemble des fonctions discontinues d'une variable. »

Dans la démonstration, nous supposons que le continu peut être bien ordonné.

III. Nous désignerons les solutions de (1) par la relation $f^{k'(z)}(x)$, $k'(z)$ étant une fonction arbitraire prise comme indice.

Nous définirons les fonctions à indices incommensurables de la façon suivante :

Soient $f^{k'}(x)$ une solution de

$$f[\varphi(x, y)] = f(x) + f(y), \tag{2}$$

et $g^{k'}(x)$ son inverse. Nous poserons

$$\varphi_k^{k'}(x) = g^{k'}[k f^{k'}(x)].$$

On voit qu'il y a une infinité de notations par indices incommensurables et que toutes ces notations vérifient les deux relations

$$\varphi_n^{k'}[\varphi_p^{k'}(x)] = \varphi_{np}^{k'}(x),$$
$$\varphi[\varphi_n^{k'}(x), \varphi_p^{k'}(x)] = \varphi_{n+p}^{k'}(x).$$

Nous appellerons groupe $\varphi_k^{k'}(x)$ l'ensemble des fonctions $\varphi_k^{k'}(x)$ où k est variable.

L'équation fonctionnelle

$$f[\varphi_n^{k''}(x)] = \psi_n^{k'''}[f(x)], \tag{3}$$

où n et x sont variables, admet une infinité de solutions qui sont aussi solutions de (1) et, réciproquement, une solution de (1) vérifie une infinité d'équations telles que (3).

IV. Étant données deux équations telles que (1), on peut passer de l'une à l'autre par changement simultané de fonction et de variable.

Les fonctions $\varphi_k^{k'}(x)$ vérifient

$$(4) \qquad f[\varphi(x, y)] = \varphi[f(x), f(y)].$$

Mais toutes les solutions de (4) ne sont pas de la forme $\varphi_k^{k'}(x)$.

Nous étudions ces différentes solutions toujours au point de vue de leurs propriétés substitutives.

Pour terminer, nous donnons de ces résultats l'application suivante :

Tout groupe commutatif à un paramètre ayant la puissance du continu est (moyennant quelques hypothèses d'uniformité) semblable au groupe des translations.

Nous nous basons sur cette remarque évidente que, si $f_n(x)$, $f_{n'}(x)$ sont deux fonctions du groupe et si

$$f_n[f_{n'}(x)] = f_{\varphi(n,n')}(x),$$

$\varphi(n, n')$ est une fonction φ.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Calcul des ponts circulaires, à travées continues, comportant un seul contreventement et des entretoisements transversaux dans toute leur longueur.* Note de M. **Bertrand de Fontviolant.**

Lorsqu'un pont circulaire comprend plusieurs travées, celles-ci peuvent être indépendantes ou continues. Nous avons indiqué, dans une précédente Communication, la méthode de calcul des ponts à une seule travée ou à travées indépendantes. La continuité des travées offrant l'avantage appréciable de réduire le poids, et, par suite, le coût de la construction, nous avons également établi une méthode de calcul des ponts circulaires à travées continues; en voici le résumé.

Les définitions données dans notre Note précédente étant conservées, soient :

r le rayon de la *ligne médiane* du pont;
$A'_0, A'_1, \ldots, A'_i, \ldots, A'_n$ les appuis de la poutre de rayon $r' > r$;
$A''_0, A''_1, \ldots, A''_i, \ldots, A''_n$ ceux de la poutre de rayon $r'' < r$;
γ_i la *portée angulaire* d'une travée quelconque $A'_{i-1}A''_{i-1}A''_iA'_i$, c'est-à-dire l'angle du dièdre formé par les deux sections transversales du pont, situées respectivement sur les appuis A'_{i-1} et A''_{i-1}, A'_i et A''_i;

ω l'*abscisse angulaire* d'une section transversale quelconque de cette travée, abscisse angulaire comptée à partir de la section située sur les appuis de gauche A'_{i-1} et A''_{i-1} de ladite travée;

M, S et T le *moment de flexion du pont*, le *moment composé* et l'*effort tranchant du pont*, dans cette même section;

μ, σ et θ les valeurs que prendraient ces trois quantités, si la travée $A'_{i-1}A''_{i-1}A''_iA'_i$ était indépendante du reste du pont, valeurs qui se calculent de la manière indiquée dans notre Note précédente et qui, par suite, sont considérées ici comme connues;

M_i et S_i le moment de flexion du pont et le moment composé, dans la section transversale du pont située sur les appuis A'_i et A''_i.

Nous établissons d'abord les formules générales

$$\text{(A)} \qquad M = \mu + M_{i-1}\frac{\sin(\gamma_i - \omega)}{\sin\gamma_i} + M_i\frac{\sin\omega}{\sin\gamma_i},$$

$$\text{(B)} \qquad S = \sigma + S_{i-1}\frac{\gamma_i - \omega}{\gamma_i} + S_i\frac{\omega}{\gamma_i},$$

$$\text{(C)} \qquad \frac{dM}{d\omega} = -M_{i-1}\frac{\cos(\gamma_i - \omega)}{\sin\gamma_i} + M_i\frac{\cos\omega}{\sin\gamma_i},$$

$$\text{(D)} \qquad T = \theta + \frac{S_i - S_{i-1}}{r\gamma_i}.$$

Puis, par application de l'équation générale de l'élasticité [1], nous formons les deux relations suivantes qui expriment la continuité des deux poutres, sur deux appuis quelconques A'_i et A''_i, et dans lesquelles $k = (r' - r'') : 2r$:

$$\frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}\left(\frac{1+3k^2}{1-k^4}M - S\right)\sin\omega\,d\omega + \frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}\left(\frac{1+3k^2}{1-k^4}M - S\right)\sin(\gamma_{i+1} - \omega)\,d\omega = 0,$$

$$\frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i}\left(\frac{1+k^2}{1-k^2}M - S\right)\omega\,d\omega + \frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}}\left(\frac{1+k^2}{1-k^2}M - S\right)(\gamma_{i+1} - \omega)\,d\omega = 0.$$

Ces deux relations peuvent, bien entendu, s'établir aussi par des considérations géométriques et cinématiques; mais ce second procédé est extrêmement laborieux.

Enfin, en remplaçant, dans lesdites relations, M et S par leurs expres-

---

(1) Bertrand de Fontviolant, *Les méthodes modernes de la Résistance des matériaux* (*Bulletin des Sciences mathématiques*, t. 42, 1918).

sions générales (A) et (B), nous obtenons les deux équations

$$\text{(E)}\quad \frac{1+3k^2}{2(1-k^4)}[a_i M_{i-1} + (b_i + b_{i+1}) M_i + a_{i+1} M_{i+1}] - [c_i S_{i-1} + (d_i + d_{i+1}) S_i + c_{i+1} S_{i+1}] = G_{i,i+1},$$

$$\text{(F)}\quad \frac{1+k^2}{1-k^2}[c_i M_{i-1} + (d_i + d_{i+1}) M_i + c_{i+1} M_{i+1}] - \left[\frac{\gamma_i}{6} S_{i-1} + \frac{\gamma_i + \gamma_{i+1}}{3} S_i + \frac{\gamma_{i+1}}{6} S_{i+1}\right] = H_{i,i+1},$$

dans lesquelles

$$a_i = \frac{1}{\sin\gamma_i} - \frac{\gamma_i}{\sin\gamma_i \operatorname{tang}\gamma_i}, \qquad b_i = \frac{\gamma_i}{\sin^2\gamma_i} - \frac{1}{\sin\gamma_i \operatorname{tang}\gamma_i},$$

$$c_i = \frac{1}{\sin\gamma_i} - \frac{1}{\gamma_i}, \qquad d_i = \frac{1}{\gamma_i} - \frac{1}{\operatorname{tang}\gamma_i};$$

$$G_{i,i+1} = -\frac{1+3k^2}{1-k^4}\left[\frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i} \mu \sin\omega \, d\omega + \frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}} \mu \sin(\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega\right] + \frac{1}{\sin\gamma_i}\int_0^{\gamma_i} \sigma \sin\omega\, d\omega + \frac{1}{\sin\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}} \sigma \sin(\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega,$$

$$H_{i,i+1} = -\frac{1+k^2}{1-k^2}\left[\frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i} \mu\omega\, d\omega + \frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}} \mu(\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega\right] + \frac{1}{\gamma_i}\int_0^{\gamma_i} \sigma\omega\, d\omega + \frac{1}{\gamma_{i+1}}\int_0^{\gamma_{i+1}} \sigma(\gamma_{i+1} - \omega)\, d\omega.$$

Dès lors, la marche à suivre dans les applications est la suivante :

1° On fera successivement $i = 1, 2, \ldots, n-1$, dans les équations (E) et (F), en tenant compte de ce que M_0, S_0, M_n et S_n sont nuls, ce qui fournira un système de $2(n-1)$ équations, qui feront connaître les $n-1$ moments de flexion du pont sur appuis $M_1, M_2, \ldots, M_{n-1}$ et les $n-1$ moments composés sur appuis $S_1, S_2, \ldots, S_{n-1}$;

2° On calculera ensuite, pour autant de sections du pont qu'on le désirera, M, S, $\frac{dM}{d\omega}$ et T, par les formules (A) à (D);

3° Les moments de flexion M′ et M″ et les efforts tranchants T′ et T″, dans les sections correspondantes des deux poutres, s'obtiendront alors par les formules (3) et (4) de notre Note précédente;

4° Enfin, on calculera, au moyen des formules (5) de ladite Note, les actions verticales et horizontales q', q'', u', u'', ϖ' et ϖ'' exercées sur les deux poutres par les entretoisements transversaux. On aura ainsi toutes les quantités nécessaires pour la détermination, par les procédés classiques, des fatigues produites dans toutes les parties du pont.

ASTRONOMIE. — *Sur une étoile à grand mouvement propre.* Note de M. F. Kromm, présentée par M. B. Baillaud.

Au cours de la réduction des zones de Bessel, correspondant à la région photographiée à Bordeaux, que je poursuis actuellement, j'ai reconnu de nombreuses étoiles à mouvement propre. L'une des plus remarquables est BD + 9°,2636, de grandeur 9,1 d'après Argelander, dont le mouvement annuel total atteint presque une seconde d'arc : cette étoile ne figure pas dans la liste de M. van Maanen (*Astroph. Journal*, t. 41, p. 187, et t. 43, p. 248) et, à ma connaissance, n'a pas encore été signalée.

Pour contrôler le peu d'observations que j'ai pu recueillir, je l'ai comparée, le 22 mars de cette année, à l'équatorial de $0^m,22$, aux deux étoiles voisines + 9°,2629 et + 9°,2638. Son éclat m'a paru légèrement inférieur à celui de la seconde, et sa couleur un peu jaunâtre.

Voici les données qui m'ont servi pour la détermination du mouvement propre :

Catalogues.	α_{1900}. $12^h 26^m$.	δ_{1900}. $+9°22'$.	Époque. 1800 +	Position corrigée du mouvement propre. α.	δ.
Bessel zone	$19^s,05$	$78'',8$	24,3	$15^s,58$	$37'',9$
Leipzig II, 6152	16,16	46,1	85,6	15,50	38,3
Toulouse I, 1933	15,69	41,3	95,9	15,50	39,1
Toulouse phot. 94,19	15,62	40,0	98,4	15,55	39,1
Obs. équat. Bordeaux	14,60	28,0	120,2	15,53	38,9

Ces positions sont, comme le montrent les deux dernières colonnes, bien représentées par les formules :

$$\alpha_t = 12^h 26^m 15^s,526 - 0^s,0458\ (t - 1900),$$
$$\delta_t = +9°22'38'',78 - 0'',540\ (t - 1900).$$

Le mouvement propre résultant, sur le grand cercle, s'élève à 0",867 dans l'angle de position 231°,5.

PHYSIQUE. — *Les longueurs d'accès de la radiation lumineuse newtonienne et les zones de silence des signaux amortis de la T. S. F.* (¹). Note (²) de M. G. **Sagnac**, présentée par M. G. Lippmann.

L'anisotropie des ondes produit à tous les demi-accès, le changement exact de signe d'un train pseudo-sinusoïdal et la loi est approximativement vraie pour les premiers accès des signaux amortis.

La détermination de la vitesse u de translation dans l'éther et de sa direction dans le système de la source, dans le cas d'une source immobile par rapport à la Terre, peut se déduire de la *longueur d'accès* Λ; la vitesse u de la Terre est calculable par sa composante radiale v dans chaque direction α :

$$u \cos\alpha = v = \frac{\lambda C}{\Lambda}.$$

Sur le plan de l'horizon, les lignes des changements de signe sont sensiblement des méridiens si la composante principale de la vitesse de la Terre est supposée dirigée comme la vitesse orbitale 30 km : sec, suivant le parallèle terrestre à midi ou minuit; entre ces deux instants, il y a changement de signe de la vitesse orbitale, et les ondes dirigées vers l'Ouest reculent dans le train à midi et y avancent au contraire à minuit avec la plus grande valeur de v. La longueur d'accès à observer est alors égale à la longueur de radiation λ multipliée par l'inverse de l'aberration (10000). Mais elle pourra être beaucoup plus petite, 1000 par exemple, si la vitesse de la Terre est comparable, *dans l'éther*, à la vitesse radiale que les étoiles peuvent atteindre par rapport à la Terre d'après les observations spectrales de l'effet Fizeau. Cette dernière hypothèse peut paraître plus naturelle et semble s'accorder, comme on va le voir, avec les observations de la T. S. F.

L'emploi de récepteurs redresseurs d'ondes, tels que les anciens cohéreurs et les « valves » modernes, permet de révéler avec les ondes électriques de la T. S. F. une particularité remarquable *quand les signaux utilisés sont assez amortis* pour assurer sur le récepteur la prépondérance d'action de la première onde sur le récepteur d'ondes. Nous pouvons citer ici les observations de la marine britannique entreprises en 1895 pour

(¹) Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 460, 529, 643 et 1027.
(²) Séance du 22 mars 1920.

rechercher l'effet des ondes hertziennes sur des contacts électriques imparfaits (cohéreurs) pour les signaux en mer (1).

L'effet découvert dans de longues et cohérentes séries d'expériences très soignées est le suivant :

Quand on échange des signaux amortis entre des navires qui marchent ensemble sur une même ligne, les résultats dépendent de leurs positions relatives.

Quand la distance de deux navires augmente jusqu'à une certaine valeur, le signal de réception qui s'est propagé soit vers l'Est, soit vers l'Ouest (cas de trois navires en ligne), s'affaiblit graduellement et beaucoup; il cesse parfois totalement dans une *zone de silence*, qui correspond, dans la moyenne des essais, à la même distance dans les deux sens de propagation opposés.

Les signaux d'échange reparaissent pour une distance plus grande et s'affirment bien soutenus.

La zone d'extinction disparaît quand on remplace l'émission très amortie par une autre, *syntonique;* en revenant à l'émission amortie, l'extinction se reproduit.

Dans la majorité des cas, l'affaiblissement des signaux se produit à la moitié de la distance de portée en pleine mer.

Les résultats d'une longue période d'essais, avec de bons cohéreurs, ont été concordants, au moins 95 fois sur 100. Deux récepteurs complets, réglés à des sensibilités égales ou presque égales, étaient employés alternativement 15 secondes chacun. Ces deux cohéreurs subissaient fréquemment une *excitation* sur place pour éviter une position insensible de leur limaille.

Toutes les antennes des navires en communication étaient accordées ensemble et chaque récepteur, muni d'un *Jigger*, construit de manière à obtenir la portée maximum.

Dans deux séries, décrites en détail (*loc. cit.*), l'une d'elles utilisant quatre navires marchant ensemble, on a observé, soit vers l'est, soit vers l'ouest du navire émetteur, la zone de silence centrée vers 80^{km} et la réapparition des signaux vers 150^{km} du navire émetteur. La portée limite était au moins 160^{km}.

---

(1) Captain H. B. Jackson, R. N., F. R. S., *On some phenomena affecting the transmission of electric wares over the surface of the sea and earth* (*Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 70, 1902, p. 254).

Si l'on attribue la zone de silence symétriquement réalisée dans les deux sens de propagation au *changement de signe* de la demi-onde de tête à 80^{km}, l'effet du vent d'éther supposé révélé par le cohéreur dans le cas des trains très amortis serait dû à un recul et une avance égales d'une *demi-longueur d'accès*. Alors la composante radiale de la vitesse de la Terre atteindrait 400 km : sec environ, si c'est l'onde fondamentale de l'antenne quart d'onde qui agit surtout et, 100^{km} environ si c'est le premier harmonique. La vitesse de la Terre dans l'éther ne serait pas alors la simple vitesse orbitale (30 km : sec) à peine doublée par la vitesse *relative* que révèlent les observations spectrales des diverses étoiles. Cette vitesse dans l'éther serait réellement comparable aux vitesses les plus grandes des étoiles par rapport à la Terre, ce qui n'a rien que de très vraisemblable.

Ainsi la nouvelle mécanique de l'éther ondulatoire qui associe la vitesse des ondes, emportées par le vent d'éther, avec la vitesse de projection de l'énergie, trouve dans la T. S. F. une épreuve très utile. Des résultats positifs définitifs, conformes aux lois énoncées de l'*éther mécanique* et susceptibles de se transformer en applications grandioses à l'astronomie du mouvement dans l'éther, seraient la preuve de l'extension nouvelle de la mécanique des petits mouvements à la véritable mécanique des ondes anisotropes adaptées au mouvement de la source radiante.

Si, au contraire, de telles lois ne s'observaient point réellement vérifiées, il serait obligatoire de nier la révélation de la translation de la Terre par les ondes électriques, et cela pourrait tenir à un défaut de l'analogie physique de ces ondes avec les ondes lumineuses pour lesquelles seules ont été faites les deux expériences fondamentales et complémentaires suivantes :

1° L'*expérience de Michelson* qui impose la relativité des *quanta* de radiation, et la projection de l'énergie totale, tant qu'on l'interprète comme une relativité newtonienne *réelle* écartant toute contraction invisible de la matière des supports.

2° L'*expérience de l'interférographe* tournant qui a révélé [1] en 1913 le vent d'éther de circulation par l'anisotropie ondulatoire interne du système optique en rotation d'ensemble, enregistrée photographiquement dans l'appareil en mouvement.

C'est justement cette *anisotropie* des vitesses $(C - v)$ et $(C + v)$ des ondes propagées vers l'Ouest et vers l'Est par exemple, qui pourra se révéler en

(1) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1838, et t. 157, p. 708 et 1410; *Journal de Physique*, mars 1914.

observant à un quart de longueur d'accès, des deux côtés de l'antenne d'émission. Si elle se révèle, elle permettra d'éliminer l'influence perturbatrice d'une dispersion, nécessairement isotrope, de l'atmosphère ou des ions des gaz.

PHYSIQUE. — *Le rapport des retards absolus dans le phénomène de Kerr.* Note de M. **Pauthenier**, présentée par M. J. Violle.

J'ai mesuré le rapport des retards absolus dans la nitrobenzine pour différentes durées de charge du condensateur de Kerr.

Méthode expérimentale. — A. *Mesure du déplacement des franges.* — Quelques perfectionnements de détail ont été apportés à la méthode déjà décrite ([1]).

Le condensateur de Kerr est shunté par une résistance $\mathcal{R}$ pouvant varier de zéro à l'infini. Lorsque $\mathcal{R} = 0$, le champ est constamment nul dans le condensateur de Kerr et les franges occupent la même position que s'il n'était pas en circuit. Lorsque $\mathcal{R}$ est infinie, les franges sont dans la position qu'elles viennent occuper brusquement quand, avant l'adjonction de $\mathcal{R}$, on met en circuit le condensateur de Kerr.

La résistance $\mathcal{R}$ est une colonne d'eau de longueur variable. Sa variation s'obtient par le simple jeu d'un levier L.

Un raisonnement simple montre que l'on doit passer *d'une façon continue* de l'une à l'autre position des franges quand $\mathcal{R}$ varie de zéro à l'infini. C'est ce que l'expérience confirme.

On peut former au voisinage des pointes du déflagrateur l'image d'un filament incandescent vertical. Les franges observées dans cette image restent immobiles dans tous les cas et servent au besoin de repère.

Les pointes du déflagrateur, entre lesquelles jaillit l'étincelle éclairante, sont en cuivre. Un filtre Wratten jaune vert rend la lumière suffisamment monochromatique pour des mesures précises.

Une observation se fait de la façon suivante : l'oculaire de la lunette est pourvu d'un fil horizontal fixe que l'on amène en coïncidence avec la frange centrale avant l'interposition du filtre. On suit avec le fil mobile le déplacement de cette frange pendant la manœuvre du levier L. On ramène ensuite L à la position de court circuit pour contrôler le premier pointage,

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 101.

B. *Mesure de la durée de charge du condensateur de Kerr.* — J'ai fait varier l'intervalle de temps θ qui sépare le début de la charge du condensateur de Kerr (époque du début de la décharge au micromètre) du début de l'étincelle éclairante, de durée très courte, qui jaillit un instant après au déflagrateur.

Un miroir tournant, concave, donne de ces deux étincelles voisines et parallèles deux images sur un cercle de rayon $R = 2^m$ environ. On les reçoit sur une plaque photographique. Soient a_0 l'intervalle des bords correspondants des deux étincelles quand le miroir est immobile, a la valeur du même intervalle quand le miroir fait N tours par seconde :

$$\theta = \frac{a - a_0}{4\pi NR}.$$

On vérifie sur les clichés la courte durée efficace de l'étincelle éclairante : la plaque Lumière (étiquette violette) est violemment impressionnée pendant 2.10^{-7} seconde, et ne présente plus de trace visible d'impression 1 ou 2.10^{-7} seconde plus tard.

La valeur de N à un instant quelconque s'obtient en faisant tomber, devant le miroir, une plaque sensible dans un appareil à chute. La chute est étalonnée par inscription des vibrations d'un diapason de période exactement connue. Le montage est tel que chaque demi-rotation du miroir soit marquée par un point sur la plaque tombante.

Résultats. — Pour chaque mesure de ρ, j'ai fait 24 observations (12 pour chaque déplacement de franges).

Pour les faibles valeurs de θ, j'ai trouvé

$$\rho = -2$$

avec toute la précision que comporte la méthode (exactement $\rho = -2,01$ pour $\theta = 4,6.10^{-7}$ seconde et $\rho = -1,99$ pour $\theta = 9,2.10^{-7}$ seconde).

Ces résultats sont en complet accord avec la théorie de l'orientation ([1]).

Pour des valeurs plus grandes de θ, j'ai trouvé ρ légèrement supérieur à 2 en valeur absolue :

$$\rho = -2,03 \quad \text{pour} \quad \theta = 16.10^{-7} \text{ sec.},$$
$$\rho = -2,04 \quad \text{pour} \quad \theta = 27.10^{-7} \text{ sec.}$$

Toutefois, lorsque θ grandit, l'observation des déplacements devient un

---

([1]) Cf. Langevin, *Le Radium*, t. 7, 1910, p. 249-260. — Pockels, *Ibid.*, t. 9, 1912, p. 148.

peu moins précise. La valeur -2 est encore comprise dans les écarts possibles avec la moyenne calculée.

On ne peut pas poursuivre, dans la nitrobenzine, les mesures pour des valeurs plus grandes de θ, car l'effet Joule commence à intervenir. Le faible écart signalé pourrait s'expliquer, non par l'effet Joule, qui, d'une part, serait immédiatement décelé par la méthode d'observation, et d'autre part aurait pour effet de diminuer la valeur absolue de ρ, mais par un commencement d'électrostriction.

Nous nous proposons d'appliquer la même méthode à d'autres liquides moins conducteurs que la nitrobenzine. Nous pourrons d'autre part étudier, avec des durées de charge très courtes, des liquides relativement bons conducteurs.

L'emploi de lampes valves d'un modèle spécial et d'un transformateur à grand rapport de transformation nous a seul permis de mener à bien ces expériences, qui nécessitent à la fois des potentiels élevés et un débit assez grand et régulier.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'étude des réactions de la métallurgie du zinc.* Note de M. **M. Lemarchands**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Il est admis aujourd'hui que la réduction de l'oxyde de zinc par le carbone ne s'effectue pas directement, mais par l'intermédiaire de l'oxyde de carbone [1] formé, soit par suite de l'opération à son début, soit par suite de l'oxydation du carbone par l'oxygène de l'air en contact avec la charge,

(1) $$ZnO + C = Zn + CO,$$
(2) $$ZnO + CO = Zn + CO^2,$$

l'anhydride carbonique qui se produit étant réduit par le carbone en excès dans le mélange : la réaction (2) est réputée comme s'effectuant à tempéra-

(1) Lencauchez, *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, 1877, p. 575. — Boudouard, *Bulletin de la Société chimique de France*, 3e série, t. 25, 1901, p. 282. — Bödlander, *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. 8, 1902, p. 833. — Lodin, *Traité de Métallurgie*, 1905, p. 15. — Schnabel, *Traité de Métallurgie*, t. 2, p. 6. — Demenge et Manœuvrier, *Travaux préparatoires du Congrès général du Génie civil*, section IV, 1918, p. 407.

ture très élevée. Les températures de début de réaction (points de réaction) varient de 900° à 1150° suivant les auteurs [1].

J'ai voulu vérifier ces divers points; j'ai étudié :

1° La possibilité d'action directe de l'oxyde de zinc sur le carbone dans une atmosphère d'azote pur;

2° Le point de réaction du système ($ZnO + C$), en prenant pour indice de commencement de réaction la variation de volume qu'elle détermine.

J'ai fixé à $\frac{1}{1000}$ près la quantité de carbone nécessaire à la réduction, j'ai chronométré la vitesse du dégagement gazeux pendant l'expérience et noté la durée de celle-ci.

La réaction s'opérait dans un tube de quartz (diamètre intérieur 24^{mm}) chauffé électriquement; les températures étaient prises au moyen d'un pyromètre Le Chatelier (couple Pt, Pt-Rh), préalablement étalonné (Zn, Al, Cu fusion réductrice, Zn ébullition). Le mélange oxyde de zinc et graphite était porphyrisé, rendu très homogène et placé dans une nacelle de porcelaine.

J'ai obtenu les résultats rapportés dans le Tableau suivant :

Numéro de l'expérience.	Nombre d'atome de carbone ayant réduit une molécule ZnO.	Nombre d'atome de carbone [2] ayant réduit une molécule ZnO sous forme de carbone.	d'oxyde de carbone.	Point de réaction. °C.
1...........	»	»	»	762
2...........	0,763	0,526	0,237	852
3...........	0,737	0,474	0,263	1019
4...........	0,915	0,830	0,085	949
5...........	0,625	0,250	0,375	1040
6...........	0,416	»	»	1152
7...........	0,619	0,238	0,381	999

Les points de réaction sont déterminés d'après le tracé de la courbe des vitesses du dégagement gazeux et de celui de la courbe d'accroissement de la température avec le temps.

Des résultats obtenus, il est possible de déduire :

1° Que l'oxyde de zinc est bien réduit directement par le carbone, sans

(1) Hempel, *Berg. u. Hüttenm. Ztg*, 1893, nos 41 et 42; 1875, p. 69. — Prost, *Assoc. Belge des Chimistes*, XVI, t. 263, p. 246.

(2) Calculé d'après les nombres de la colonne 2.

l'intermédiaire de l'oxyde de carbone, puisque la réaction se déclanche dans l'azote pur;

2° Que la quantité de carbone entrée en jeu, étant intermédiaire entre celles nécessaires à l'accomplissement des deux réactions possibles

$$ZnO + C = Zn + CO,$$
$$2ZnO + C = 2Zn + CO^2,$$

il devient indispensable d'admettre :

a. Si l'on accepte la théorie agréée jusqu'aujourd'hui, qu'une partie de l'oxyde de zinc a échappé à la réduction, à cause de sa volatilité aux températures où elle a eu lieu, fait assez difficile à prendre en considération à cause de l'état d'homogénéité du système mis en réaction et de l'excès de carbone utilisé;

b. Si l'on n'admet pas ce point de vue, que la réduction de l'oxyde de zinc par l'oxyde de carbone se fait avec une vitesse supérieure à celle de la réduction de l'anhydride carbonique par le carbone [1], ce qui ne paraît pas impossible puisque les deux réactions

$$ZnO + CO = Zn + CO^2.$$
$$CO^2 + C = 2CO$$

débutent, la première vers 350°, ainsi que je l'ai vérifié (contrairement à l'opinion généralement admise de ne la voir se déclancher qu'aux très hautes températures), la seconde vers 400°; que, d'autre part, la tension de vapeur de l'oxyde de zinc est, à température égale, bien supérieure à celle du carbone.

Les quantités de carbone nécessaires pour la réduction de l'oxyde de zinc déterminées par mes expériences donnent une idée précise du grand excès de charbon utilisé dans la métallurgie du zinc.

Enfin, les écarts notés pour les points de réaction, plus importants encore que ceux rapportés par les divers auteurs cités, peuvent s'expliquer, si l'on suppose, comme Nernst, que la vitesse de diffusion des corps réagissants règle la vitesse de réaction.

---

(1) R.-C. Schnepphauss, *Journ. Soc. Chem. Ind.*, t. 30, 1899, p. 987. — Boudouard, *Annales de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 24, p. 76. — Johnson, *Electroch. and Metall. Ind.*, 1904, p. 185. — Richards, *Electr. and Ch. Ind.*, t. 6, p. 194-196. — Lodin, *Traité de Métallurgie*, 1905, p. 15 et 710.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage volumétrique du manganèse.* Note de MM. **Paul Nicolardot, Antoine Réglade** et **Max Geloso**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le dosage volumétrique du manganèse par le procédé Knorre consiste à précipiter le bioxyde au moyen du persulfate d'ammoniaque, à redissoudre le précipité dans un excès de réducteur et à titrer en retour par le permanganate. Le résultat est calculé d'après l'équation

$$MnO^2 + 2FeO + 4SO^4H^2 = (SO^4)^3Fe^2 + SO^4Mn + 4H^2O,$$

d'où $1\,Fe = 0{,}4917\,Mn$. Pratiquement, la teneur en manganèse doit être calculée avec un facteur plus élevé, et les auteurs indiquent des chiffres variant entre 0,492 et 0,501, entraînant des écarts entre les résultats analytiques qui peuvent atteindre 1,5 pour 100.

Tout se passe comme s'il se formait, non pas MnO^2, mais $MnO^{2-\varepsilon}$, le facteur devenant $\frac{1}{2(1-\varepsilon)}\frac{Mn}{Fe} = X$. Pour savoir quelle est, dans chaque cas, la valeur de X, il a paru bon d'étudier l'influence de la teneur en fer, de l'acidité et de la masse de manganèse.

Méthode suivie. — Un volume bien connu de permanganate est réduit par SO^2, dilué et acidifié par l'acide sulfurique étendu. Dans cette liqueur, le manganèse est dosé par la méthode Knorre. Le manganèse, qui n'a pas été précipité par le persulfate, est déterminé par la méthode Proctor Smith (transformation en acide permanganique et décoloration par l'acide arsénieux). On peut diminuer le nombre de liqueurs titrées et, par suite, les causes d'erreur, en remarquant que si x est le titre en fer du permanganate employé pour la titration $\left(\text{environ } \frac{N}{10}\right)$ et t_1 son titre par rapport à un réducteur, t_2 le titre par rapport au même volume de réducteur du permanganate d'essai $\left(\frac{2N}{10}\right)$ et N la prise d'essai effectuée, la quantité de manganèse *prélevée* sera

$$Nx\frac{t_1}{t_2}\frac{Mn}{5Fe} = Q.$$

Si n est le nombre de centimètres cubes de permanganate employé pour la titration, la quantité de manganèse trouvée sera nxX; on obtiendra par

suite

$$X = \frac{N}{n}\frac{t_1}{t_2}\frac{Mn}{5Fe} - \frac{0,18c}{nx};$$

le terme soustractif correspond au manganèse resté en solution et c représente le nombre de centimètres cubes d'acide arsénieux employé.

Il est, par suite, inutile de connaître exactement le titre des solutions de permanganate. L'erreur totale possible est inférieure à $\frac{2,2}{500}$. Les résultats ont d'ailleurs été contrôlés en partant d'une solution de SO^4Mn bien connue, pour laquelle on a

$$X = \frac{Q}{nx} - \frac{0,18c'}{nx}.$$

Influence du fer. — En l'absence du fer, on obtient les résultats suivants :

Prise d'essai : 100$^{cm^3}$ de MnO^4K $\left(\text{environ } \frac{2N}{10}\right)$.

t_1.	t_2.	n cm³ actifs de MnO^4K de titration.	$\frac{N}{n}\frac{t_1}{t_2}\frac{Mn}{5Fe}$.	Mn resté en solution en mg.	Titre en fer du MnO^4K de titration.	Terme correctif.	Coefficient X.	Réducteur employé.
49,45	25,19	77,42	0,4988	0,7	0,07	0,2	0,4986	acide oxalique
43,70	25,18	68,60	0,4976	0,6	0,08	0,2	0,4974	»
43,70	25,18	68,45	0,4982	2,0	0,08	0,6	0,4981	sel de Mohr

Prise d'essai : 50$^{cm^3}$ de SO^4Mn.

Teneur en Mn.	n cm³ actifs de MnO^4K de titration.	Mn resté en solution en mg.	Titre en fer du MnO^4K de titration.	Coefficient X.	Réducteur employé.
233...	58,3	0,3	0,00801	0,4978	sel de Mohr
232...	58,25	0,5	»	0,4977	»
233...	58,4	0,3	»	0,4978	acide oxalique

La moyenne est donc 0,498, quand il n'y a pas de fer.

On ajoute à cette solution des quantités croissantes d'alun de fer ammoniacal exempt de manganèse, et la teneur en manganèse X, qui ne peut être évaluée en valeur absolue, est déterminée par rapport à ce chiffre 0,498. En affectant de l'indice (0) les quantités se rapportant au coefficient en l'absence de fer, on voit que X est fourni par la relation

$$X = X_0\frac{n_0}{n} + \frac{C_0 - C}{nx}\cdot 0,18,$$

où seules importent les déterminations exactes de n, de n_0 et le coefficient X_0, la connaissance précise du titre des solutions employées et de la quantité initiale de manganèse étant absolument inutile. Voici quelques résultats obtenus en série :

$\frac{Fe}{Fe+Mn}$ pour 100.	n cm³ de MnO^4K utilisé.	$\frac{n_0}{n} \times 498$.	Mn resté en solution.	Terme correctif.	$X.10^3$.
0	64,31		2,0		498
5	64,56	496,10	2,0	0	496,1
10	64,66	495,30	2,0	—0,24	495,06
0	64,21		1,3		
20	64,71	494,10	2,0	—0,28	493,82
25	64,62	494,9	4,4	—1,32	493,58
20	134,85		0,9		493,80
40	134,95	493,43	1,9	—0,40	493,05
60	135,10	492,88	1,9	—0,40	492,48
80	135,20	492,52	1,9	—0,40	492,12
90	135,25	492,34	1,9	—0,56	491,78

Avec la teneur en fer augmente la proportion de MnO^2 formé.

Influence de l'acidité. — D'après certains auteurs, le précipité devait contenir d'autant moins d'oxygène que la solution renfermait plus d'acide. Nos essais montrent qu'à partir d'une teneur de SO^4H^2 de 2,5 pour 100, l'acidité ne semble pas avoir d'influence sur la composition du précipité. Au-dessus de 10 pour 100, la précipitation du manganèse est d'autant plus incomplète qu'il y a plus d'acide. En milieu neutre, la composition du précipité tend vers MnO^2. Les essais exécutés en l'absence de fer conduisent à adopter 0,498 et, avec 40 pour 100 de fer, 0,4929.

Influence de la masse de manganèse. — Dans des limites assez étendues (de $0^g,020$ à $0^g,500$ de Mn pour une même prise d'essai) la masse du manganèse n'influe pas pratiquement sur la composition du précipité. Le coefficient à adopter est toujours celui fixé par la teneur en fer.

La dilution et la grandeur de la prise d'essai n'ont également aucune influence.

En résumé, les écarts entre les coefficients adoptés par les divers auteurs sont dus à la présence du fer et il est possible d'arriver à un dosage précis en traçant une courbe de corrections.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Perfectionnements apportés à la production industrielle des oxydes d'azote dans les fours à arcs.* Note de M. **Ferdinand Gros.**

La technique de la fixation de l'azote sous forme d'oxydes produits au moyen de l'arc électrique est restée à peu près stationnaire depuis la construction des premières usines. J'ai donc institué des essais industriels qui ont permis de réaliser des perfectionnements que je considère comme importants et qui en font espérer d'autres; la présente Note a pour objet de faire connaître quelques-uns de ces perfectionnements.

Jusqu'à présent les meilleurs rendements industriels annoncés étaient de l'ordre de 55^g à 65^g d'acide nitrique AzO^3H par kilowatt-heure, la production moyenne de plusieurs usines restant souvent en dessous et tombant même à 45^g. Ces rendements sont obtenus en envoyant dans le four électrique l'air atmosphérique naturel, c'est-à-dire l'air humide; à la sortie des fours, l'air, contenant les oxydes d'azote, passe dans un système de chambres d'oxydation et de vastes tours où, au contact de l'eau ou de dissolutions alcalines, il se dépouille des oxydes d'azote; on recueille ainsi soit de l'acide nitrique, soit des sels nitriques ou nitreux (généralement un mélange des deux), sous forme de solutions à faible teneur qu'il faut ensuite concentrer et transformer en produits commerciaux. L'efficacité des appareils d'absorption n'est jamais totale, de sorte que les gaz qui s'échappent dans l'atmosphère à la sortie des appareils d'absorption entraînent avec eux une partie des oxydes d'azote produits qui est ainsi perdue.

Le rendement de 65^g AzO^3H par kilowatt-heure correspond à la formation de 31^g AzO dans les fours, absorbant seulement 22 calories; chaque kilowatt-heure étant l'équivalent de 860 calories, il en résulte que 2,5 pour 100 seulement de l'énergie électrique sont utilisés à la production de AzO. Les 838 autres calories servent à l'échauffement des gaz traités; une faible partie seulement est récupérable et peut être employée à l'évaporation et à la concentration des solutions mentionnées plus haut; certains industriels admettent que 30 pour 100 seulement des calories emportées par les gaz sont récupérables dans les chaudières.

Ce faible rendement de l'énergie électrique n'est pas si éloigné qu'on pourrait le croire de la limite qu'indique la théorie pour une marche avec de l'air humide; on calcule en effet [1] qu'on ne peut guère dépasser ainsi la

---

[1] Guye, *Encyclopédie de Science chimique appliquée du professeur Chabrié*, t. 4, 1914, p. 629, et aux pages 593 et suivantes.

production de 120^g de AzO^3H par kilowatt-heure, ce qui correspond à une utilisation d'environ 4,8 pour 100 de l'énergie consommée dans le four. Le rendement pratique est donc actuellement d'environ $\frac{65}{120} = 54$ pour 100 de sa limite théorique.

Le calcul indique encore que l'action défavorable de l'humidité de l'air est loin d'être négligeable et que l'emploi de l'oxygène doit amener une amélioration de rendement plus considérable que celle qui est généralement admise : par exemple, avec un gaz sec, contenant 50 pour 100 d'oxygène et 50 pour 100 d'azote, la limite théorique serait de 264^g par kilowatt-heure, et cela toujours sans tenir compte d'une récupération de la chaleur emportée par les gaz. Si l'on arrivait ainsi au même rendement pratique de 54 pour 100, la production des fours correspondrait dans ces conditions à 145^g par kilowatt-heure, soit à plus du double des meilleurs rendements actuels.

D'après les résultats obtenus au cours d'essais en application des principes énoncés ci-dessus (gaz secs et haute teneur en oxygène), avec une installation qui est sortie du domaine du laboratoire pour entrer dans celui de l'industrie, puisqu'elle porte sur une puissance du four de 200 à 300 kilowatts, on a reconnu tout d'abord la justesse des vues rappelées ci-dessus; dans certaines conditions de marche, les rendements contrôlés se sont élevés à 90^g d'acide nitrique au kilowatt-heure; en opérant avec les mêmes fours, les mêmes puissances et les mêmes débits gazeux, soit sur de l'air atmosphérique naturel humide, soit sur un mélange à volumes égaux d'oxygène et d'azote secs, la production de AzO dans le second cas était de 50 pour 100 supérieure à celle observée dans le premier cas. Une nouvelle série d'essais en cours permet d'admettre que ces chiffres seront dépassés.

L'installation utilisée comporte un dispositif industriel de récupération des vapeurs nitreuses entièrement nouveau ([1]); celle-ci ne se fait plus par voie chimique, mais par voie physique : les gaz cèdent leur peroxyde d'azote par refroidissement à basse température. Les gaz circulent en circuit fermé et par suite restent secs; on n'a qu'à faire l'appoint d'oxygène et d'azote (secs) nécessaires pour maintenir une teneur déterminée de régime.

Grâce au mode de récupération adopté, on peut transformer directe-

---

([1]) Demande de brevet français n° **116293** du 18 août 1919.

ment le peroxyde AzO^2 obtenu en acide nitrique de toutes concentrations. Enfin, toute l'énergie récupérable qu'emportent les gaz chauds se trouve ainsi libre; elle est plus qu'équivalente à celle que demandent la récupération par le froid et la fabrication de l'oxygène nécessaire.

Ces quelques perfectionnements sont de nature à modifier profondément la disposition générale d'une usine de production d'oxydes d'azote, en permettant notamment, à puissance égale des fours, de réduire considérablement la surface et la hauteur des bâtiments (dans certains établissements, la hauteur des bâtiments où sont installés les appareils d'absorption ordinairement employés dépasse 25^m) tout en obtenant directement, comme produit de récupération, un corps de haute teneur en azote d'une valeur beaucoup plus grande que les solutions diluées d'acide nitrique, de nitrates et de nitrites fournies par la technique actuelle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de formation des nitriles par catalyse.* Note (¹) de M. **A. Mailhe**, présentée par M. P. Sabatier.

Dans un travail antérieur (²), j'ai montré qu'il était facile de préparer les nitriles aryliques et aliphatiques, en faisant réagir le gaz ammoniac sur un éther-sel en présence d'un catalyseur déshydratant tel que la thorine ou l'alumine, porté à une température voisine de 500°.

On pouvait se demander si les amines primaires ne réagiraient pas à leur tour sur les éthers-sels, dans les mêmes conditions, et ne fourniraient pas le nitrile, en libérant un résidu éthylénique, suivant la réaction

$$RCO.OC^2H^5 + C^nH^{2n+1}NH^2 = C^2H^5OH + RCN + H^2O + C^nH^{2n}.$$

A l'effet de vérifier cette manière de voir, j'ai étudié l'action de quelques amines primaires sur un certain nombre d'éthers-sels, en présence d'alumine.

1° Le *benzoate de méthyle* a été mélangé avec de l'*éthylamine* pure, en quantités sensiblement équimoléculaires. Les vapeurs de ce liquide homogène, dirigées sur de l'alumine chauffée à 480°-500°, fournissent un dégagement gazeux et un liquide que l'on condense aisément par simple refroidissement.

(¹) Séance du 22 mars 1920.

(²) A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 36 et 121.

Le gaz est formé de 4 volumes d'éthylène, pour 1 volume d'hydrogène. Le liquide s'est séparé en deux couches, l'une aqueuse, à réaction légèrement aldéhydique; la seconde, moins dense, soumise à la rectification, a fourni d'abord de l'alcool méthylique, puis le nitrile benzoïque qui a donné immédiatement la combinaison jaune cristallisée par agitation avec une solution chlorhydrique de chlorure cuivreux.

Le benzoate de méthyle s'est donc transformé en benzonitrile, en présence d'éthylamine au contact du catalyseur déshydratant. L'éthylène formé dans la réaction ne peut provenir que du groupe C^2H^5 attaché au résidu aminé NH^2 :

$$C^6H^5COOCH^3 + C^2H^5NH^2 = CH^3OH + C^6H^5CN + C^2H^4 + H^2O.$$

Une partie du méthanol a subi la destruction aldéhydique, avec formation d'hydrogène :

$$CH^3OH = HCOH + H^2.$$

2° L'éther éthylique de l'*acide paratoluique* a été catalysé en présence d'*éthylamine*, sur de l'alumine chauffée à une température de 440°-450°. Le liquide obtenu n'a pas fourni de traces sensibles de tolunitrile. Après enlèvement des produits les plus volatils, alcool, amine, éther non transformés, le liquide a passé à la distillation entre 280° et 300°. Il s'est pris par refroidissement en belles aiguilles soyeuses blanches qui, après recristallisation dans l'alcool chaud, fondent à 89°-90°. Elles sont constituées par l'amide substituée, *la toluamide éthylée* :

$$C^6H^4\begin{cases}CO.OC^2H^5 & (1)\\ CH^3 & (4)\end{cases} + C^2H^5NH^2 = C^2H^5OH + C^6H^4\begin{cases}CO.NHC^2H^5 & (1)\\ CH^3 & (4)\end{cases}$$

En portant la température du catalyseur jusqu'à 500°, la formation de l'amide n'a pas eu lieu. C'est le *nitrile paratoluique* qui a pris naissance. Ce corps a fourni la combinaison cristallisée avec le chlorure cuivreux.

3° Le *valérate d'isoamyle*, qui bout à 187°-190°, a été dirigé en vapeur avec de l'*éthylamine* pure, sur de l'alumine chauffée à 490°-500°. Il s'est produit un dégagement gazeux abondant. Le gaz est formé de 12 pour 100 d'hydrogène et 88 pour 100 d'éthylène. Les vapeurs, condensées à la sortie du tube, ont fourni un liquide d'où l'eau s'est séparée. La partie non aqueuse soumise à la rectification abandonne de l'amylène, des traces d'aldéhyde amylique, puis une fraction bouillant à 125°-135°. Comme elle avait une réaction légèrement alcaline, elle a été traitée par de l'acide chlorhydrique dilué. Le résidu surnageant, hydraté par la potasse alcoo-

lique à l'ébullition, fournit un dégagement de gaz ammoniac et de l'acide isovalérique, réaction caractéristique du *nitrile isoamylique*

$$C^4H^9CO^2C^5H^{11} + C^2H^5NH^2 = C^4H^9CN + 2H^2O + C^5H^{10} + C^2H^4.$$

Cette réaction comporte également la formation d'une certaine dose d'alcool amylique qui se décompose partiellement en aldéhyde et hydrogène.

4° Un mélange d'*isoamylamine* et de *benzoate d'éthyle*, en proportions équimoléculaires, dirigé en vapeurs sur l'alumine à 470°-480°, a fourni un dégagement gazeux constitué par 15 pour 100 d'hydrogène et 85 pour 100 de carbures éthyléniques, absorbables par le brome. Le liquide aqueux recueilli a une réaction aldéhydique.

La partie surnageante, soumise au fractionnement, abandonne un peu d'alcool et d'isoamylamine non transformée, puis le thermomètre monte jusqu'au voisinage du point d'ébullition du nitrile benzoïque. On recueille, entre 185°-195°, un liquide qui fournit immédiatement la combinaison cristallisée avec le chlorure cuivreux. C'est le benzonitrile, dont l'odeur d'essence d'amandes amères décèle d'ailleurs la présence. Puis le thermomètre monte davantage, vers le point d'ébullition de l'amide substituée, sans qu'il ait été possible de l'atteindre pure. En raison de la température trop basse du catalyseur, la transformation de l'éther en nitrile n'a pas été totale.

5° *L'isobutyrate de méthyle,* mélangé avec de *l'isoamylamine*, a conduit à 500°, en présence d'alumine, au *nitrile isobutyrique*. Le produit obtenu après catalyse s'est séparé en deux couches, l'inférieure aqueuse, et la supérieure, après traitement par l'eau acidulée d'acide chlorhydrique, a fourni un liquide, bouillant à 107°-109°. Traité par la potasse alcoolique à l'ébullition, il a produit un dégagement permanent de gaz ammoniac et, après hydratation à peu près complète, il s'est produit de l'acide isobutyrique.

6° Enfin, le benzoate d'éthyle, en présence de *propyl*, *amino*, *butane*, $(CH^3CH^2CH^2)^2CH\,NH^2$, conduit également au contact d'alumine à 480°, à une certaine dose de benzonitrile.

Ces quelques exemples montrent que l'on peut passer facilement des éthers-sels aryliques ou aliphatiques, aux nitriles correspondants, en les catalysant en présence d'une amine primaire, au contact d'alumine.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence d'un Gavialidé du genre* Tomistoma *dans le Pliocène d'eau douce de l'Éthiopie.* Note de M. **L. Joleaud**, présentée par M. Émile Haug.

La faune des Vertébrés fossiles recueillis par le Dr Brumpt au cours de la mission du Bourg de Bozas, en Éthiopie, dans la basse vallée de l'Omo, au nord du lac Rodolphe, compte plusieurs Crocodiliens, dont un Gavialidé figuré par É. Haug, dans son *Traité de Géologie* (*Pl. CXXX*, *fig. c*). Ce Reptile rappelle *Tomistoma Schlegeli* Müller, des rivières de Bornéo, de Sumatra et de la presqu'île de Malacca.

Aucune étude d'ensemble du genre *Tomistoma* n'ayant encore été publiée, je vais résumer brièvement les données acquises sur son histoire paléontologique. Adoptant la manière de voir d'Andrews (1), je considère comme en étant le plus ancien représentant *Crocodilus macrorhynchus Blainville* (2), rapproché à tort, par Leidy et Koken, de *Thoracosaurus neocesariensis* Kay, du Néocrétacé nord-américain, *T. macrorhynchus* a été découvert au Mont Aimé, près d'Épernay (Marne), dans des calcaires à *Lithothamnium* daniens ou montiens et observé depuis dans le tuffeau maestrichtien de la montagne Saint-Pierre, à Maestricht (Limbourg).

Une série de formes de *Tomistoma* un peu plus jeunes a été décrite par Andrews de différents horizons nummulitiques du Fayoum (Égypte). Ce sont: *T. kerunense*, de l'Éocène moyen, *T. africanum*, de l'Éocène supérieur, et *T. gavialoides*, de l'Oligocène. *T. kerunense* est associé à une faune exclusivement marine; *T. africanum* se trouve avec une vingtaine de Vertébrés marins et seulement trois Mammifères terrestres; enfin *T. gavialoides* provient d'assises fluvio-marines.

D'autres types de *Tomistoma* ont été rencontrés dans le Miocène inférieur; *T. calaritanum* Capellini (3) à Cagliari (Sardaigne), *T. champsoides* Owen et *T. gaudense* Hulke (4) à Gozo (Malte), *T. eggenburgense* Toula et Kail (5) à Eggenburg, près de Vienne (Autriche), *T. Dawsoni* Fourtau (6) à Moghara (Égypte). L'âge des calcaires à *T. calaritanum* a été discuté par Lovisato (7), qui les croit aquitaniens:

(1) *A Descriptive Catalogue of the Tertiary Vertebrata of the Fayûm*, London, 1906, p. 269.

(2) *Ostéographie. Genus Crocodilus*, Paris, 1848, pl. VI.

(3) *Mem. Reale Accad. Lincei, Cl. Sc. Fis., Mat. e Nat.*, 4a, 6, 1890, p. 507-533; 4 pl.

(4) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. 27, 1871, p. 30-32.

(5) *Denkschr. Kais. Akad. Wissensch., Math.-Nat. Kl.*, t. 50, 1885, p. 229-356, pl. I-III.

(6) *Contribution à l'étude des Vertébrés miocènes de l'Égypte.* Le Caire, 1918, p. 22-26, fig. 17-18.

(7) *Atti Reale Accad. Lincei*, 5, *Rend.*, 1, 1892, p. 436-439.

j'ai montré, autrefois, que les terrains considérés comme tels par la plupart des géologues italiens étaient, en réalité, burdigaliens (1) et je pense que c'est le cas des calcaires de Cagliari, où *Tomistoma* est accompagné par *Amphiope Hollandei*, etc. *T. champsoides*, auquel Owen avait donné, dans les collections du British Museum, la dénomination de *Melitosaurus champsoides*, a été classé par Lydekker (2) dans le genre *Tomistoma;* d'après Leith Adam (3), ce Reptile a été observé dans le « calcareous sandstone » de Gozo, dépôts marins du Burdigalien supérieur, riches en Globigérines et subordonnés au Schlier de la base de l'Helvétien. C'est de la même formation que provient *Crocodilus gaudensis*, rapporté également au genre *Tomistoma* par Lydekker. Ce paléontologiste a aussi suggéré que le Gavialidé d'Eggenburg, pour lequel Toula et Kail ont proposé le nom de *Gavialosuchus eggenburgensis*, pourrait appartenir à la même espèce que *T. champsoides*. Cependant Capellini ne croit pas à l'identité de *T. champsoides* de Malte et de *T. eggenburgense* du Burdigalien supérieur à *Pecten præscabriusculus* de la Basse-Autriche. *T. Dawsoni*, également d'âge burdigalien supérieur, a été trouvé dans des formations fluvio-marines à Moghara.

Une dernière espèce, *T. americanum*, tout récemment décrite par Sellards (4), a été rencontrée, avec *Teleoceras fossigerum*, *Hipparion minor* et *Mastodon floridanus*, dans les phosphates de Brewster (comté de Polk, Floride). Osborn (5) place ces formations continentales dans la zone à *Peraceras-Pliauchenia*, au niveau du Pontien de Pikermi.

Le Gavialidé de l'Omo a été découvert avec une faune encore plus jeune, vraisemblablement pliocène, où *Hippopotamus*, *Elephas* et *Equus* sont associés à *Dinotherium* et *Hipparion*. Par la forme de son rostre, découpé d'une série d'encoches latérales arrondies, où devaient pointer les dents de la mandibule et entre lesquelles se dessinaient des saillies servant de gaines aux dents supérieures, le Reptile découvert par Brumpt se sépare nettement de toutes les formes connues de *Tomistoma*. D'ailleurs, ce genre paraît avoir été remarquablement malléable, puisque ses onze espèces fossiles sont si différentes les unes des autres qu'elles ont été placées par divers paléontologistes dans quatre genres distincts, deux de ces genres ayant été spécialement établis pour elles. C'est précisément en raison de cette extrême variabilité que je n'hésite pas à attribuer au genre *Tomistoma* le Gavialidé de l'Omo, pour lequel je propose le nom de *T. Brumpti*.

T. Brumpti pliocène était incontestablement une forme fluviatile, comme

(1) L. Joleaud, *Géologie et Paléontologie de la Plaine du Comtat et de ses abords, Description des Terrains néogènes*, 1, Avignon, 1907, p. 119 et suiv.

(2) *Quart. Journ. Geol. Soc.*, t. 42, 1886, p, 20-22, pl. II.

(3) *Ibid.*, t. 35, 1879, p. 527.

(4) *Amer. Journ. Sc.*, 4e sér., t. 40, 1915, p. 135-138, fig. 1-3, et t. 42, 1916, p. 237-240, fig. 2-3.

(5) *Mem. Amer. Mus. Nat. Hist.*, n. s., t. 2, I, 1918, p. 29.

T. Schlegeli actuel et comme *T. americanum* pontien. Au contraire, *T. calaritanum*, *T. champsoides*, *T. gaudense*, *T. eggenburgense*, du Burdigalien méditerranéen étaient des Reptiles marins; il dut en être de même de leur contemporain égyptien *T. Dawsoni* et du type plus ancien de la même contrée, *T. gavialoides*. Enfin l'habitat marin de *T. africanum*, de *T. kerunense* oligocènes, de *T. macrorhynchus* crétacé est évident. *Ainsi donc ce genre de Gavialidé d'origine marine s'est adapté à la vie fluviatile au Pontien, c'est-à-dire à l'époque géologique qui a été le théâtre du maximum de régression marine* depuis le Trias jusqu'aux temps actuels. Comme le montre l'évolution éthologique dans nombre de groupes d'animaux, les grandes phases de retrait des eaux océaniques, Trias supérieur, Pontien, etc., correspondent précisément aux périodes où s'est plus particulièrement effectuée l'adaptation d'êtres marins à la vie dans les eaux douces.

La migration de *Tomistoma* de l'océan dans les fleuves a eu pour conséquence une remarquable discontinuité de son aire de distribution : la Floride, l'Éthiopie, la Malaisie ont été dès lors pour ce Reptile trois pays de refuge, trois asiles, que la Thetys avait cessé de relier.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la variation diurne du potentiel atmosphérique à l'Observatoire d'Alger.* Note [1] de M. F. **Baldet.**

L'enregistrement du potentiel atmosphérique à l'Observatoire d'Alger est obtenu au moyen d'un électromètre à quadrants de Benndorff, relié à un égaliseur de potentiel au radium situé à 340^{m} d'altitude et à 1400^{m} de la mer. En vue de l'étude de la variation diurne, les moyennes horaires n'ont été établies que pour les jours sans perturbations : 836 en 5 ans, de novembre 1912 à octobre 1917.

Les courbes moyennes mensuelles se groupent, d'après leurs formes, en trois séries de quatre mois : une série d'hiver, de novembre à février; une série d'été, de mai à août, et une série comprenant les mois équinoxiaux, mars, avril, septembre et octobre. On trouvera ci-dessous un Tableau donnant les valeurs moyennes du potentiel en volts par mètre $\left(\frac{V}{M}\right)$ et leur représentation approchée par des séries de Fourier. Les heures sont exprimées en temps moyen civil de Greenvich, mais ont été transformées en temps vrai local pour le calcul des séries.

---

[1] Séance du 22 mars 1920.

	Hiver.				Mois équinoxiaux.				Été.			
		Écarts à la moyenne.				Écarts à la moyenne.				Écarts à la moyenne.		
			Calculés.				Calculés.				Calculés.	
t. T. m. Gr.	$\frac{V}{M}$.	Observés.	Deux termes.	Trois termes.	$\frac{V}{M}$.	Observés.	Deux termes.	Trois termes.	$\frac{V}{M}$.	Observés.	Deux termes.	Trois termes.
h 0.	99	−33	−26	−33	111	−26	−26	−27	114	−15	−16	−16
1.	96	−36	−34	−36	103	−34	−35	−33	109	−20	−24	−21
2.	94	−38	−42	−38	99	−38	−43	−38	102	−27	−29	−26
3.	92	−40	−47	−39	95	−42	−46	−41	97	−32	−31	−32
4.	93	−39	−47	−39	94	−43	−44	−43	95	−34	−29	−35
5.	95	−37	−42	−37	95	−42	−38	−43	101	−28	−22	−29
6.	98	−34	−32	−35	102	−35	−27	−34	112	−17	−13	−14
7.	105	−27	−18	−29	121	−16	−13	−16	135	+ 6	− 2	+ 4
8.	118	−14	− 2	−13	143	+ 6	+ 1	+ 6	145	+16	+ 8	+16
9.	142	+10	+14	+11	160	+23	+14	+22	147	+18	+16	+19
10.	166	+34	+29	+35	163	+26	+25	+28	145	+16	+21	+17
11.	185	+53	+39	+50	164	+27	+32	+28	146	+17	+22	+15
12.	184	+52	+45	+52	167	+30	+34	+29	145	+16	+21	+16
13.	177	+45	+45	+45	170	+33	+34	+33	146	+17	+17	+17
14.	169	+37	+42	+37	170	+33	+32	+35	146	+17	+14	+17
15.	162	+30	+35	+29	167	+30	+28	+30	144	+15	+10	+15
16.	152	+20	+28	+21	161	+24	+24	+23	141	+12	+ 9	+11
17.	148	+16	+20	+17	155	+18	+21	+18	137	+ 8	+ 8	+ 8
18.	150	+18	+13	+16	154	+17	+18	+18	134	+ 5	+ 9	+ 6
19.	149	+17	+ 8	+16	155	+18	+14	+18	136	+ 7	+ 9	+ 6
20.	143	+11	+ 2	+12	150	+13	+10	+13	138	+ 9	+ 8	+ 7
21.	132	0	− 3	+ 1	140	+ 3	+ 3	+ 3	134	+ 5	+ 5	+ 6
22.	118	−14	− 9	−14	127	−10	− 5	− 9	129	0	0	0
23.	107	−25	−17	−27	118	−19	−15	−19	121	− 8	− 8	− 9
Moy.	132				137				129			

Hiver : $V = 132 + 41{,}9\cos(t - 14^h{,}4) + 11{,}0\cos 2(t - 11^h{,}2)$
$+ 9{,}4\cos 3(t - 3^h{,}6) + 0{,}9\cos 4(t - 4^h{,}5) + 2{,}0\cos 5(t - 1^h{,}0)$;

Mois équinoxiaux : $V = 137 + 37{,}3\cos(t - 14^h{,}7) + 9{,}9\cos 2(t - 10^h{,}1)$
$+ 2{,}8\cos 3(t - 2^h{,}0) + 4{,}2\cos 4(t - 2^h{,}6) + 1{,}9\cos 5(t - 4^h{,}6)$;

Été : $V = 129 + 21{,}4\cos(t - 14^h{,}3) + 10{,}6\cos 2(t - 9^h{,}6)$
$+ 3{,}9\cos 3(t - 7^h{,}9) + 3{,}6\cos 4(t - 2^h{,}2) + 1{,}1\cos 5(t - 2^h{,}6)$.

De l'examen des observations se dégagent les conclusions suivantes :

1° La variation diurne est représentée par une oscillation sensiblement simple ayant un minimum constant vers 4^h du matin et un maximum variable suivant la saison. Contrairement à ce qui a lieu près du sol dans les stations continentales, où l'on constate une double oscillation, le minimum de jour n'est marqué que par une légère inflexion de la courbe. Nos observations apportent donc une nouvelle confirmation à la loi de M. Chauveau relative à la représentation par une oscillation simple de la variation diurne dans l'air libre.

2° L'onde diurne (première harmonique de la série de Fourier) a la même phase toute l'année, mais son amplitude d'hiver est double de celle d'été. Au contraire, l'amplitude de l'onde semi-diurne reste constante, tandis que sa phase varie de 1 heure 6 minutes.

3° La diminution de la valeur du maximum en été est très marquée. Ce phénomène a été observé dans toutes les stations et n'a pas encore reçu d'explication définitive. Il ne semble pas qu'on puisse l'attribuer à l'élévation de la température puisque le minimum nocturne et la valeur moyenne du champ ne varient pas au cours de l'année. Mais on trouve que l'amplitude de la variation diurne, définie par le rapport $A = \frac{\max - \min}{\text{moy}}$, décroît proportionnellement au temps T de présence du Soleil au-dessus de l'horizon, avec un retard de phase de 15 jours environ. Exprimant T en heures, et tenant compte du décalage de 15 jours, on a la relation suivante :

$$A = -0,094\,T + 1,72.$$

Le Tableau ci-dessous donne la comparaison de l'amplitude observée chaque mois avec la valeur calculée par la formule précédente.

	T.	Nombre de jours d'observ.	$\frac{V}{M}$. Max.	Min.	Moy.	A. Observé.	Calculé.	Écarts O.-C.
Janvier	9h,6	53	163	92	122	0,58	0,82	[−0,24]
Février	10,3	61	206	96	144	0,76	0,75	+0,01
Mars	11,3	62	180	92	138	0,64	0,66	−0,02
Avril	12,4	65	172	97	139	0,54	0,55	−0,01
Mai	13,5	63	147	88	126	0,47	0,45	+0,02
Juin	14,4	63	146	99	131	0,36	0,37	−0,01
Juillet	14,6	89	159	99	134	0,45	0,35	[+0,10]
Août	13,9	100	142	92	126	0,40	0,41	−0,01
Septembre	12,9	80	162	98	138	0,46	0,51	−0,05
Octobre	11,8	74	173	86	131	0,66	0,61	+0,05
Novembre	10,7	55	174	88	128	0,67	0,71	−0,04
Décembre	9,9	71	203	90	133	0,85	0,79	+0,06

En exceptant les deux anomalies solsticiales mises entre crochets, on peut considérer l'accord entre l'observation et le calcul comme très satisfaisant, les perturbations accidentelles de la variation diurne étant loin d'être complètement éliminées par cinq années d'observations.

PHYSIOLOGIE. — *Échanges liquides par osmose électrique à travers des tissus vivants*. Note de MM. **Pierre Girard** et **Victor Morax**, présentée par M. Roux.

Les recherches que nous résumons ici conduisent à un nouveau moyen d'action qui consiste dans la possibilité de réaliser par osmose électrique à travers un tissu vivant des échanges liquides entre un « milieu intérieur » et un milieu extérieur constitué par une solution électrolytique de composition ionique déterminée.

La membrane vivante sur laquelle nous expérimentâmes fut surtout la cornée de l'animal vivant. A travers cette cornée l'endosmose électrique de solutions en contact avec l'épithélium venait accroître le volume de l'humeur aqueuse pouvant élever la tension oculaire jusqu'au double de sa valeur normale exprimée en millimètres de mercure.

L'exosmose électrique de l'humeur aqueuse (¹) hors de l'organisme, c'est-à-dire vers une solution baignant l'épithélium de la cornée, diminuait le volume de cette humeur aqueuse, abaissant le chiffre de la tension oculaire au quart de sa valeur. Des effets analogues s'obtiennent sur la conjonctive. L'endosmose électrique, à travers le recouvrement épithélial, de solutions de certains électrolytes, réalise des œdèmes. L'exosmose électrique de la lymphe conjonctivale vers des solutions d'autres électrolytes baignant la couche épithéliale donne des apparences de flétrissement (¹).

L'idée qui nous a guidés fut l'analogie probable (²) entre la différence de potentiel que présente un tissu vivant et un certain état de polarisation des membranes inertes que conditionnent les lois de l'électrisation de contact (Jean Perrin). Nous fûmes ainsi conduits à nous représenter les parois des interstices cellulaires des tissus vivants comme revêtues de charges électriques d'un signe déterminé et les veines liquides qui les remplissent comme revêtues de charges électriques d'un signe inverse (couche double d'Helmholtz); sous l'action d'un champ dont les lignes de force normales au tissu le traverseraient, le glissement des veines liquides ne devait plus dépendre que du signe des charges qui les revêtent et de l'orientation du champ. Nous pensions également, conformément à ce que nous enseignent les lois de l'électrisation de contact, que la densité et même le signe des interstices cellulaires, et par suite des veines liquides, devaient être susceptibles d'être modifiés par la présence dans la liqueur en contact avec la couche cellulaire externe du tissu vivant d'ions

(¹) Nous réservons la question de la perméabilité du tissu aux molécules et aux ions que contient le liquide.

(²) P. Girard, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1186.

convenablement choisis, ce qui revient à dire que, sans changer l'orientation du champ, nous devions pouvoir inverser le sens de l'osmose en modifiant la composition ionique de la liqueur baignant la face externe du tissu.

Nos recherches ont surtout porté, comme nous le disions, sur l'œil en place de l'animal vivant (lapin); la cornée jouait le rôle de septum, l'humeur aqueuse baignant l'endothélium, la solution électrolytique baignant par un dispositif approprié la couche épithéliale externe. Le champ, de part et d'autre du septum, s'obtenait en plaçant sur la nuque de l'animal une large électrode instrumentale. L'électrode physiologique correspondant à cette électrode instrumentale était le corps entier et l'humeur aqueuse en particulier. L'autre électrode plongeait dans la liqueur en contact avec l'épithélium de la cornée. Une concentration moléculaire appropriée de cette dernière liqueur permet d'éviter toute espèce de lésion épithéliale. Nous ne pouvions pas mesurer la valeur du champ actif. Nous nous contentions de surveiller les débits (2 à 3 milliampères), afin d'éviter les réactions douloureuses de l'animal.

Nous nous sommes surtout appliqués à démontrer que les variations de tension oculaire que nous enregistrions étaient bien imputables à des exosmoses et à des endosmoses à travers la cornée.

Notre démonstration fut facilitée par l'adoption du schéma expérimental qui consistait, comme nous le disions, à fixer l'orientation du champ actif (par exemple le corps de l'animal et l'humeur aqueuse fonctionnant comme pôle négatif, la liqueur en contact avec l'épithélium externe comme pôle positif), nous provoquions alors à notre gré des hyper ou des hypotensions oculaires en modifiant la composition ionique de la liqueur baignant l'épithélium de la cornée. Par exemple une solution de $MgSO^4$ engendre des hypertensions, une solution de $BaCl^3$ des hypotensions. Ainsi se trouvait éliminée l'hypothèse d'un effet électro-vasculaire direct (la pression sanguine figurant pour une part prépondérante dans la tension oculaire normale) puisqu'un régime électrique identique présidait à des variations de tension de sens inverse. Mais on pouvait songer à la pénétration dans l'humeur aqueuse, sous l'action du champ, d'ions positifs produisant les uns une vaso-dilatation des vaisseaux ciliaires et iriens, les autres une vaso-constriction. Or l'examen direct de l'iris au microscope binoculaire révèle que l'hypotension, comme l'hypertension est accompagnée d'une légère vaso-dilatation irienne.

Le jeu du diaphragme irien est également sans effet, hypertension et hypotension sont l'une et l'autre au surplus accompagnées de myosis. La

preuve directe d'endosmose et d'exosmose comme cause des variations de tension enregistrées est fournie par l'expérience cruciale suivante : sur un lapin vivant, on provoque sur l'un des deux yeux une notable hypertension (38^{mm} de Hg), puis on sacrifie l'animal; sur l'œil non traité et qui sert de témoin, l'abaissement à o de la pression sanguine fait tomber la pression oculaire de 25^{mm} à 3^{mm} de mercure. Seul peut alors intervenir dans la valeur de cette tension le volume de l'humeur aqueuse qui remplit la coque oculaire. Dans l'œil traité, hypertendu, l'annulation de la pression sanguine est corrélative bien entendu d'une chute de tension oculaire, mais celle-ci tombe à 9^{mm} (au lieu de 3^{mm}).

Aucune autre explication qu'une différence de volume de l'humeur aqueuse qui remplit la coque oculaire ne peut rendre compte de l'écart des tensions.

Dans l'expérience cruciale complémentaire, après avoir provoqué une importante hypotension sur l'un des deux yeux, on sacrifie l'animal; on détermine alors comparativement le volume de liquide qu'il est nécessaire d'injecter dans la chambre antérieure de l'œil traité et dans celle de l'œil témoin pour atteindre un même niveau de tension. L'excès de volume qu'il faut injecter dans l'œil hypotendu mesure celui qui a filtré par exosmose électrique à travers la cornée. Sur la conjonctive, ces effets électrosmotiques sont comme nous l'avons dit directement saisissables : ils se traduisent par de l'œdème et du flétrissement.

Pour une même orientation du champ actif, une solution qui provoque l'hypertension oculaire provoque l'œdème conjonctival.

Celle qui provoque l'hypotonie provoque le flétrissement de la conjonctive.

Nous avons là une sorte d'illustration et de témoignage de ce qui se passe à travers la cornée.

Ajoutons que sur l'œil normal, les modifications de tension s'effacent au bout d'un certain temps. La circulation rétablit l'équilibre perturbé.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur l'union de l'apophyse paramastoïde et du temporal chez les Mammifères.* Note de M. J. **Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'apophyse paramastoïde des Mammifères peut être complètement indépendante de l'os temporal ou bien elle peut contracter avec celui-ci

des rapports plus ou moins intimes. Les deux dispositions sont à peu près aussi fréquentes l'une que l'autre, c'est du moins ce qui ressort des nombreux crânes de tous ordres que j'ai examinés; dans la première, l'apophyse est uniquement constituée par l'occipital; dans la deuxième, elle est mixte en totalité ou seulement sur une partie de son étendue. Cette constitution spéciale de l'apophyse paramastoïde n'a été indiquée par les auteurs que dans quelques cas particuliers, les plus frappants, le plus souvent elle a été entièrement méconnue. C'est sur elle que je désire appeler ici l'attention.

L'union de l'apophyse paramastoïde à l'os temporal se présente sous deux aspects différents : ou bien elle a lieu avec une portion quelconque du bord postéro-interne du temporal, ou bien elle se produit avec la région mastoïdienne. Dans cette dernière disposition, deux cas sont encore à considérer suivant que la paramastoïde n'est unie à la mastoïde qu'au niveau de sa partie proximale, ou qu'il y a fusion des deux formations sur à peu près toute leur longueur.

Examinons successivement ces trois états.

L'union de la paramastoïde au bord du temporal est peu commune; elle a été totalement ignorée jusqu'ici. Je ne l'ai rencontrée que chez quelques Singes du nouveau monde, chez des Pinnipèdes et des Carnivores; elle est surtout bien caractérisée chez ces derniers, aussi est-ce chez eux que je prendrai le type de ma description. La paramastoïde s'élève isolément sur la base du crâne; elle est située sur le bord de l'occipital; la partie du temporal voisine de l'apophyse se soulève, plus ou moins suivant les espèces, et ce soulèvement s'applique contre la paramastoïde de manière à constituer la partie externe de sa base; la suture temporo-occipitale, suivant le mouvement, descend plus ou moins sur la face externe de la saillie, délimitant sur celle-ci ce qui appartient à chacun des deux os. Le sommet de l'apophyse appartient à l'occipital.

La deuxième disposition est caractérisée par le fait que la paramastoïde, au niveau de sa base et là seulement, est accolée à un prolongement vertical du temporal, qui lui est parallèle et qui est beaucoup moins développé qu'elle, de sorte qu'elle émerge toujours notablement de l'ensemble. Il en résulte la formation d'une saillie plus ou moins volumineuse dont la partie basale est mixte, tandis que le sommet appartient uniquement à l'occipital. Dans la masse commune, le prolongement occipital, celui en somme qui représente l'apophyse paramastoïde, occupe toujours la partie postéro-interne; tandis que le prolongement temporal est entièrement relégué vers

la partie antéro-externe; ce sont là des rapports immuables que j'ai partout rencontrés. Le prolongement temporal ou mastoïdien recouvre donc la face antérieure de la paramastoïde près de sa base et descend plus ou moins bas sur la face externe; il laisse libre la face postérieure. Il est plus ou moins saillant, lisse ou rugueux, parfois même assez irrégulier, comme chez les Kangourous (*Halmaturus*, *Macropus*) par exemple, où il fournit des saillies apophysaires en forme d'ailes. Quant à la ligne suturale, elle traverse la face externe obliquement d'avant en arrière et remonte sur la face postérieure en restant ordinairement parallèle à l'axe de celle-ci. De cela, on peut conclure que le plan de séparation des deux parties est fortement oblique de dedans en dehors et d'arrière en avant, ce que confirme d'ailleurs la désarticulation des os.

Dans la troisième disposition, l'union des deux parties est beaucoup plus intime. La paramastoïde et la mastoïde, en effet, entièrement soudées, forment une saillie unique. Le plus souvent il est assez facile de distinguer dans cette masse commune ce qui appartient à chacune des deux apophyses par le fait que la saillie se termine par deux tubérosités, que celles-ci sont séparées par une encoche plus ou moins profonde qui se continue par une gouttière sur la face externe de la saillie et qu'au fond de l'encoche et de la gouttière passe la suture temporo-occipitale. Il est à ajouter qu'ici encore l'occipital occupe constamment l'angle postéro-interne de la masse commune et le temporal l'angle antéro-externe. Ce qui contribue encore à différencier les parties temporale et occipitale, c'est que la tubérosité mastoïdienne reçoit la terminaison ventrale de la crête occipitale transverse; tandis que la tubérosité paramastoïdienne ou bien ne reçoit pas de crête ou reçoit une branche de l'occipitale transverse alors bifurquée en Y renversé (⅄). Bien entendu, de nombreuses variétés se présentent; elles portent principalement sur un effacement plus ou moins marqué des tubérosités, de l'encoche et de la gouttière. Le cas le plus extrême est caractérisé par l'existence d'un seul sommet; celui-ci appartient toujours à l'occipital. La partie mastoïdienne est alors complètement effacée, à proprement parler elle n'existe pas en tant qu'apophyse; elle contribue seulement à former la base de la masse commune. Cet état se relie assez bien à la deuxième disposition dont il ne diffère, en somme, qu'en ce que l'ensemble est beaucoup plus massif et la partie occipitale beaucoup moins longue.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur la métamérisation oro-aborale de la larve de deux Hexacoralliaires* (*Pocillopora cespitosa* Dana; *Seriatopora subulata* Lamark). Note (¹) de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Les lignes fondamentales de la marche du développement chez les Anthozoaires sont déterminées depuis trente ans et, bien qu'obscurcie encore par plus d'une difficulté, cette question ne présentait, au moment où je l'ai reprise, aucun symptôme de rénovation prochaine. Elle semblait avoir atteint pour longtemps sa formule d'équilibre : nous nous représentions les premières structures de la larve de ces animaux comme apparaissant suivant des plans rayonnants qui se disposaient autour de l'axe oro-aboral ou axe longitudinal de l'embryon : si bien qu'en orientant la larve le pôle oral en haut, le pôle aboral en bas, ces structures rayonnantes longitudinales se trouvaient être verticales.

Je viens d'achever l'étude d'un matériel exceptionnellement favorable qui m'a mis en présence d'un ordre de faits tout nouveau. Mes observations sur des larves vivantes très jeunes, mes examens de préparations montées et de coupes sériées, m'ont apporté la preuve que le cloisonnement vertical, seul accessible jusqu'ici à notre investigation, n'était que le terme ultime d'une longue évolution dont les phases initiales révèlent un plan d'organisation entièrement différent.

L'ontogenèse, que j'ai vue se dérouler sous mes yeux, débute par l'édification de tout un système insoupçonné de formations perpendiculaires à l'axe oro-aboral, autrement dit de formations horizontales. Cohérentes dans leur disposition d'ensemble, susceptibles d'être ramenées à une loi de groupement simple et de donner lieu à une interprétation générale, ces formations réalisent, par leur orientation, un cloisonnement des plus troublants pour qui voudrait tenter de l'expliquer en persistant à s'en tenir à la conception classique. Ce dispositif fait son apparition peu après l'achèvement de la planula qu'il divise en trois segments superposés. D'abord légèrement puis, par la suite, fortement emboîtés les uns dans les autres, ces trois segments se partagent, du pôle oral au pôle aboral, la cavité de l'Archentéron ; je les désigne respectivement, dans les figures qui accompagnent cette Note, par les lettres α, β, γ. J'insisterai surtout aujourd'hui sur les points de leur histoire qui peuvent se déterminer et se comprendre à l'examen extérieur des larves, me réservant de faire connaître, dans une prochaine communication, leur organisation intérieure et l'interprétation qui dérive de l'ensemble de mes observations.

Cette disposition fondamentale, restée jusqu'ici insaisissable, a un caractère essentiellement éphémère. Rapidement, en effet, intervient un phénomène qui défigure cet ordre initial et bouleverse complètement la morphologie de la jeune larve.

1° Ce facteur de trouble est une atrophie systématique qui atteint toutes les struc-

(¹) Séance du 22 mars 1920.

tures réparties sur la génératrice ventrale de l'embryon, pendant que les structures de la génératrice dorsale poursuivent leur évolution normale. Les figures ci-dessous schématisent la série de transformations qui en résultent. Leur examen permet de se rendre compte que la génératrice dorsale ayant développé ses structures, la génératrice ventrale ayant vu disparaître ou s'atténuer les siennes, l'animal fléchit sur sa génératrice déficitaire pendant que sa région dorsale, ne cessant de s'accroître, se renfle en une volumineuse gibbosité. L'étude de cette gibbosité dorsale, trait d'organisation carac-

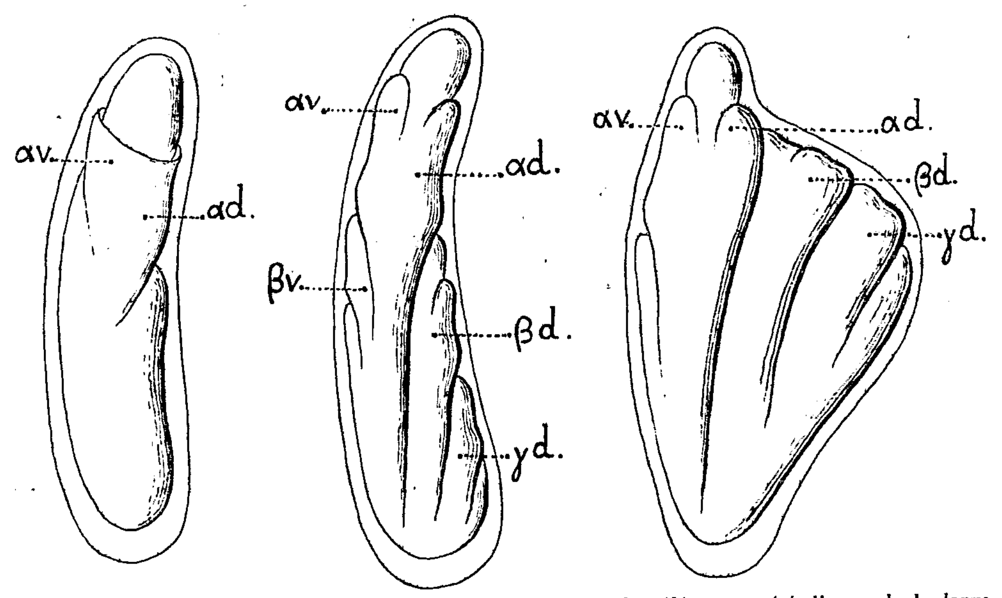


Figure schématique montrant : la disposition métamérique des éléments périodiques de la larve des Hexacoralliaires, l'atrophie des structures ventrales, la flexion de 90° qui en résulte pour les structures dorsales et la formation corrélative de la gibbosité dorsale. — α, β, γ, segments successifs; *d*, génératrice dorsale; *v*, génératrice ventrale.

téristique de la larve à cette période de son évolution, montre qu'elle est constituée par le groupement des éléments dorsaux de chacun des segments β et γ. Ces éléments, participant directement à la flexion de l'embryon, sont passés progressivement de la position horizontale, qu'ils occupaient primitivement, à la position verticale qu'ils conserveront désormais.

Après avoir amené la gibbosité dorsale à la hauteur du pôle oral dans un plan qui passe par l'orifice du blastopore et avoir ainsi préparé la surface sur laquelle s'édifiera plus tard le disque buccal, cette flexion dorso-ventrale n'intervient plus dans la destinée ultérieure de la larve.

2° Mais, arrivé à cette phase de son développement, le jeune Anthozoaire voit toutes ses structures dorsales, et ce qui persiste des ventrales, intéressées par une nouvelle cause de modification. Dans une Note antérieure [1], destinée à préparer le lecteur à l'intelligence de ces phénomènes, j'ai déjà fait connaître cette cause en étudiant avec détail les effets de son intervention sur la structure du segment α : je veux parler du

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 39.

processus de clivage qui, dans le plan médian dorso-ventral de la larve, sépare en deux moitiés droite et gauche toutes les ébauches impaires et médianes constituant à ce moment l'organisation des foyers dorsaux des trois segments α, β, γ et celle du foyer ventral du segment α. Ce clivage débute par les organes les plus profonds, par les ébauches endodermiques des entéroïdes, puis il atteint successivement le massif musculaire, l'endoderme archentérique, la mésogléé et vient achever son œuvre en fendant l'ectoderme de la larve sur sa génératrice dorsale d'un bout à l'autre de l'aire occupée par les éléments dorsaux des trois segments α, β, γ. Cette fente, qui assure désormais à la portion dorsale de ces trois segments une large communication avec l'extérieur, n'est autre chose que la bouche définitive de l'adulte : comme le clivage dorso-ventral, dont elle n'est que la dernière manifestation d'activité, elle prend naissance dans le segment le premier formé et le plus évolué dans le segment α ; elle part de l'orifice du blastopore qui occupe déjà le pôle oral de la larve. On pourrait donc croire, à l'examen superficiel de cette disposition, qu'il ne s'agit purement et simplement que d'une expansion dorsale de ce blastopore. Cela est vrai au point de vue descriptif, mais le fond des choses est plus complexe et plus ample. Ainsi que je l'ai fait ressortir dans mon exposé, la réalisation de cette fente buccale, longuement préparée à l'avance par des modifications anatomiques qui se sont opérées dans la profondeur, fait partie d'un plan d'ensemble; elle n'est qu'une manifestation particulière de ce processus général que je désigne par le terme de clivage dorso-ventral et qui, au cours de ses étapes successives, a modelé progressivement l'organisation intérieure de l'Anthozoaire.

En résumé, une atrophie ventrale précoce, portant sur une série de structures superposées obéissant toutes originellement à la symétrie radiaire, frappe ces structures de dyssymétrie dorso-ventrale. Il en découle pour chacune d'elles, ainsi que pour leur assemblage, une disposition caractérisée par la symétrie bilatérale. Si l'on veut bien se reporter aux figures d'une précédente Note (1) et à la description qui les accompagne, on pourra se convaincre que cette symétrie dérive de la simplification hémiradiaire d'un être primitivement pourvu de structures émanant de deux foyers antagonistes : d'une part le foyer dorsal appelé à se développer et à persister avec ses dépendances latérales droite et gauche, éléments de la symétrie bilatérale; d'autre part, le foyer ventral, voué à la régression ou même à la disparition complète.

A ce facteur morphogénique primordial, s'en ajoute un second : le clivage dans un plan dorso-ventral, suivi du dédoublement des ébauches dorsales et de l'ébauche ventrale du segment α épargnée par la régression ventrale. Ce phénomène, qui tient sous sa dépendance tant de traits essentiels de l'organisation des Anthozoaires, aboutit à la formation de la bouche de l'adulte. Par cette dernière réalisation, il assure une synthèse si parfaite, une telle unité morphologique et fonctionnelle au complexe dont nous avons cherché à mettre en évidence les éléments constitutifs, qu'une pareille analyse nous a été jusqu'à ce jour interdite.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

(1) *Loc. cit.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 6 AVRIL 1920.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Camille Sauvageau**, par l'organe de M. *L. Mangin*, fait hommage d'un volume intitulé : *Utilisation des algues marines*.

PLIS CACHETÉS.

M. **F. Vlès** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 janvier 1918 et inscrit sous le n° 8479.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note intitulée : *Spectrophotométrie ultraviolette des phénols nitrés. Contribution à l'étude de l'absorption.*

(Renvoi à l'examen de M. D. Berthelot.)

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions croissantes et les fonctions entières.* Note (¹) de M. **Georges J. Rémoundos.**

Les résultats obtenus simultanément par MM. Boutroux (²) et Lin-

---

(¹) Séance du 27 mars 1920.

(²) *Sur quelques propriétés des fonctions entières* (Paris, 1903) et *Acta mathematica*, t. 28, 1904.

delöf (1) sur les fonctions entières d'ordre *fini* devaient être étendus aux fonctions d'ordre *infini*. La première tentative se trouve dans quelques pages de la Thèse de M. Boutroux, et la plus importante et la plus décisive dans celle de M. A. Denjoy (2), qui est parvenu à atteindre son but dans des cas très généraux.

Or les bases de la théorie des fonctions entières d'ordre infini ont été posées dans le célèbre Mémoire de M. Borel [*Sur les zéros des fonctions entières* (*Acta mathematica*, t. 20, 1897)], dans lequel se trouve un théorème fondamental sur les fonctions croissantes continues $\mu(x)$, le suivant :

Étant donné un nombre θ *positif et supérieur à l'unité (quelconque), s'il existe des valeurs de* x *ne satisfaisant pas à l'inégalité*

$$\mu\left[x+\frac{1}{\log\mu(x)}\right] < [\mu(x)]^\theta,$$

ces valeurs, que nous pouvons appeler « exceptionnelles », remplissent des intervalles d'étendue totale finie. La longueur totale d'une suite d'intervalles exceptionnels situés à droite d'une valeur x_0 *ne dépasse pas la quantité*

$$\frac{\theta}{\theta-1}\,\frac{1}{\log\mu(x_0)}.$$

Dans le cas où il n'existe pas d'intervalles exceptionnels à partir d'une valeur de x, nous dirons que la croissance de $\mu(x)$ est *typique*.

Ce théorème a permis à MM. Kraft et Blumenthal (3) de préciser les résultats du Mémoire de M. Borel et donner, moyennant les fonctions-types, un exposé de la théorie clair et didactique.

En utilisant systématiquement et le mieux possible le théorème de M. Borel ci-dessus énoncé, j'ai obtenu de nouveaux résultats qui précisent certaines propriétés des fonctions entières, avantageuses surtout pour le cas d'ordre *infini* et indépendantes de celles de M. Denjoy. Le but de cette Note est de communiquer ces nouveaux résultats, qui sont les suivants :

I. *La dérivée logarithmique de toute fonction croissante (continue)* $M(x)$

(1) *Acta Soc. Fenn.*, t. 31, 1902. Voir aussi WIMAN, *Arkiv för Mat. Astr. och. Fys.*, t. 1, 1904.

(2) *Sur les produits canoniques d'ordre infini* (*Thèse de doctorat*, Paris, 1909).

(3) *Principes de la théorie des fonctions entières d'ordre infini* (Paris, *Collection de monographies* sous la direction de M. Borel).

satisfait à l'inégalité

$$\frac{M'(x)}{M(x)} < [\log M(x)]^{1+\varepsilon},$$

ε étant positif, pour toutes les valeurs assez grandes de x, sauf peut-être quelques intervalles exceptionnels, dont la longueur ne dépasse pas la quantité

$$\frac{1}{\log_3 M(x_0)} = \frac{1}{\log\log\log M(x_0)},$$

x_0 étant l'origine.

II. *Si les coefficients d'une fonction entière*

$$f(z) = a_0 + a_1 z + a_2 z^2 + \ldots + a_n z^n + \ldots$$

satisfont à l'inégalité

$$(1) \qquad |a_n| < \frac{\mu(r)}{r^n}$$

à partir d'une valeur de $r = |z|$, où $\mu(r)$ est une fonction quelconque, nous avons, pour $|z| = r$, l'inégalité

$$M(r) < \mu(r)[q(r)]^{1+\varepsilon}$$

ou

$$M(r) = |a_0| + |a_1| r + |a_2| r^2 + \ldots + |a_n| r^n + \ldots,$$

où ε est positif arbitraire et $q(r)$ une fonction quelconque croissant plus vite que toute puissance finie de r, pour toute valeur assez grande de r, sauf peut-être quelques intervalles exceptionnels, d'étendue totale finie. La longueur totale d'une suite de tels intervalles situés à droite de x_0 ne dépasse pas la quantité $\frac{\alpha+1}{\alpha} \frac{1}{\log q(r_0)}$, α étant un nombre quelconque inférieur à ε.

Les intervalles exceptionnels N'EXISTENT PAS *si la fonction arbitraire $q(r)$ est à croissance typique*. Le théorème subsiste si l'inégalité supposée (1) se remplace par $|a_n| < \frac{\mu(r) q(r)}{r^n}$.

Nous en concluons les inégalités

$$A(r) \leqq M(r) < A(r)[q(r)]^{1+\varepsilon},$$
$$B(r) \leqq M(r) < B(r)[q(r)]^{1+\varepsilon},$$

où $A(r)$ et $-B(r)$ désignent le maximum et le minimum de la partie réelle de $f(z)$; il n'existe pas d'intervalles exceptionnels lorsque la fonction arbitraire $q(r)$ est à croissance typique.

III. *En désignant par $m(r)$ le module maximum, sur le cercle $|z| = r$, de $f(z)$ et par $m_1(r)$ celui de sa dérivée $f'(z)$, nous avons l'inégalité*

$$m_1(r) < m(r)[\log m(r)]^{1+\varepsilon}[q(r)]^{1+\varepsilon},$$

où ε est positif arbitraire et $q(x)$ une fonction arbitraire à croissance typique assujettie seulement à croître plus vite que toute puissance finie de r. S'il existe des intervalles exceptionnels, leur longueur est inférieure à $\frac{1}{\log_3 m(r_0)}$, r_0 étant l'origine.

IV. Complément d'un théorème classique de M. Hadamard. — *Si, pour $|z| = r$, nous avons l'inégalité*

$$|f(z)| \leqq e^{\mu(r)},$$

le nombre n des zéros, dont le module est inférieur ou égal à r, satisfait à l'inégalité

$$(2) \qquad n < r^2\mu(r)[g(r)]^{1+\varepsilon} \quad (\varepsilon \text{ positif arbitraire}),$$

où $g(r)$ désigne une fonction croissante arbitraire, assujettie seulement à la condition de croître plus vite que $\log r$. *S'il existe une suite d'intervalles exceptionnels commençant par r_0, leur longueur totale ne dépasse pas la quantité $\frac{a+1}{a}\frac{1}{\log g(r_0)}$, où $a < \varepsilon$. Il n'existe pas de valeurs exceptionnelles pour l'inégalité (2), lorsque la fonction arbitraire $g(r)$ est à croissance typique.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une nouvelle application de la fonction* $W_{k,\mu,\nu}(x, y)$. Note (1) de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Soit, dans l'espace à quatre dimensions, le changement de variables

$$x = uv \sin\varphi \cos\theta,$$
$$y = uv \sin\varphi \sin\theta,$$
$$z = uv \cos\varphi,$$
$$t = \frac{u^2 - v^2}{2},$$

où $\varphi = C$ et $\theta = C$ représentent des hyperplans, $u = C$ et $v = C$ des hyperparaboloïdes de révolution, c'est-à-dire les hypersurfaces du second

(1) Séance du 29 mars 1920.

ordre engendrées par la rotation autour de Ot de paraboloïdes situés dans l'espace des xyt et de révolution autour de Ot. L'équation de Laplace à quatre variables $\Delta V = 0$ s'écrira alors

$$\frac{\partial}{\partial u}\left[u^2 v^2 \sin\varphi \frac{\partial V}{\partial u}\right] + \frac{\partial}{\partial v}\left[u^2 v^2 \sin\varphi \frac{\partial V}{\partial v}\right] + \frac{\partial}{\partial \varphi}\left[(u^2+v^2)\sin\varphi \frac{\partial V}{\partial \varphi}\right] + \frac{\partial}{\partial \theta}\left[\frac{u^2+v^2}{\sin\varphi}\frac{\partial V}{\partial \theta}\right] = 0.$$

En posant $V = \cos m\theta\, V_1(u, v, \varphi)$, nous sommes conduits à

$$\frac{\partial}{\partial u}\left(u^2 v^2 \frac{\partial V_1}{\partial u}\right) + \frac{\partial}{\partial v}\left(u^2 v^2 \frac{\partial V_1}{\partial v}\right) + (u^2+v^2)\left[\frac{1}{\sin\varphi}\frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\sin\varphi \frac{\partial V_1}{\partial \varphi}\right) - \frac{m^2 V_1}{\sin^2\varphi}\right] = 0.$$

Désignons alors, suivant l'usage, par $P_n^m(\cos\varphi)$, la fonction adjointe de Legendre, qui vérifie l'équation

$$\frac{1}{\sin\varphi}\frac{d}{d\varphi}\left(\sin\varphi \frac{dP}{d\varphi}\right) + P\left[n(n+1) - \frac{m^2}{\sin^2\varphi}\right] = 0;$$

si nous posons

$$V_1 = P_n^m(\cos\varphi)\, U(u, v),$$

nous trouvons pour la fonction U l'équation suivante, après division par $u^2 v^2$,

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial v^2} + \frac{2}{u}\frac{\partial U}{\partial u} + \frac{2}{v}\frac{\partial U}{\partial v} - n(n+1)\left(\frac{1}{u^2} + \frac{1}{v^2}\right) U = 0.$$

Cette équation pourrait être scindée en deux, ce qui permettrait de mettre la fonction U sous forme du produit d'une fonction de u seul par une fonction de v seul; mais nous allons montrer qu'elle admet aussi comme solution un cas particulier de la fonction à deux variables $W_{k,\mu,\nu}(x, y)$ que nous avons définie récemment [1] comme cas limite de la fonction hypergéométrique F_2 de M. Appell.

Cette fonction satisfait, en effet, aux équations

$$x^2 r - qxy + z\left(-\frac{x^2}{4} - \frac{xy}{2} + kx + \frac{1}{4} - \mu^2\right) = 0,$$
$$y^2 t - pxy + z\left(-\frac{y^2}{4} - \frac{xy}{2} + ky + \frac{1}{4} - \nu^2\right) = 0.$$

Considérons alors la fonction

$$U(x, y) = x^{-\frac{3}{2}} y^{-\frac{3}{2}} e^{\frac{1}{4}(y^2 - x^2)} W_{k,\mu,\nu}\left(\frac{x^2}{2}, -\frac{y^2}{2}\right);$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 564.

si nous formons les deux équations auxquelles elle satisfait, et que nous les ajoutions membre à membre, nous constaterons que le paramètre k disparaît, et qu'il reste l'équation unique

$$r + t + \frac{2p}{x} + \frac{2q}{y} + z\left(\frac{1}{x^2} + \frac{1}{y^2}\right)\left(\frac{1}{4} - 4\mu^2\right) = 0,$$

qui admet par conséquent pour solution la fonction $U(x, y)$ considérée. Or, il suffit de poser $4\mu^2 - \frac{1}{4} = n(n+1)$, ou $\mu = \frac{n}{2} + \frac{1}{4}$, pour identifier cette équation avec l'équation (1) : nous voyons donc que l'équation de Laplace, avec le changement de variable envisagé, admet des solutions de la forme

$$V = u^{-\frac{3}{2}} \rho^{-\frac{3}{2}} e^{\frac{1}{4}(\rho^2 - u^2)} \cos m\theta \, P_n^m(\cos\varphi) \, W_{k, \frac{n}{2}+\frac{1}{4}, \frac{n}{2}+\frac{1}{4}}\left(\frac{u^2}{2}, -\frac{\rho^2}{2}\right).$$

GÉOMÉTRIE. — *Énumération des classes de transformations du plan projectif.* Note de M. L.-E.-Z. BROUWER, présentée par M. Paul Appell.

En 1912, dans une Communication faite au Congrès international de Cambridge, j'ai énuméré les *classes* de transformations univoques et continues de la sphère en elle-même, en démontrant que chacune de ces classes est caractérisée entièrement par le *degré* des transformations qu'elle comprend.

Dans le cas du plan projectif la solution du même problème est un peu plus compliquée : je la déduis succinctement dans les lignes suivantes.

Soient π le plan projectif, dans lequel nous supposons définie une géométrie elliptique E; t une transformation univoque et continue de π en lui-même; k une courbe simple fermée et unilatérale de π; h le dédoublement de k; G la région bilatérale de π bornée par h; k' l'image de k pour t; F l'une des deux représentations de $G + h$ sur le dédoublement sphérique β de π, déterminées par t; G' et h' les images de G et de h pour F; I l'aire de β pour la géométrie E.

La transformation t sera dite *de première espèce*, si k' est unilatérale; *de seconde espèce*, si k' est bilatérale.

Soit t de première espèce. Nous pouvons définir les indicatrices de G et de β de manière que l'aire totale de G' devienne égale à $\left(n + \frac{1}{2}\right)$I, n désignant un entier *non négatif*, que nous appellerons le *degré* de t.

Au moyen d'une déformation continue très semblable à celle que j'ai exposée à Cambridge, on parvient à réduire t à une *transformation canonique*, pour laquelle h' est un grand cercle parcouru une seule fois, tandis que n courbes simples fermées situées dans G et sans points communs sont représentées par F chacune en un seul point de β, les régions déterminées par ces courbes étant toutes représentées biunivoquement avec le degré $+1$, celles qui ne sont pas contiguës à h, sur la sphère β simplement ou multiplement pointée, celle qui est contiguë à h, sur une hémisphère limitée par h' et elle aussi pointée en général. Or, au moyen de mon raisonnement de Cambridge, on reconnaît facilement que toutes les transformations canoniques de degré n appartiennent à la même classe, il s'ensuit que *toutes les transformations de première espèce possédant le même degré constituent une seule classe.*

Soit ensuite t de seconde espèce. Alors F recouvre β soit partout avec un degré pair, soit partout avec un degré impair, de sorte que parmi les transformations de seconde espèce, nous pouvons distinguer des transformations *paires* et des transformations *impaires*.

On démontre que toute transformation de seconde espèce peut être réduite au moyen d'une déformation continue à une *transformation simplement contractée en k*, pour laquelle k' n'est qu'un seul point, tandis que β est recouverte par F soit avec le degré zéro, soit avec le degré $+1$. Or, en raison du théorème démontré dans ma Communication de Cambridge, toutes les transformations simplement contractées en k de même parité appartiennent à la même classe, il s'ensuit que *toutes les transformations de seconde espèce possédant la même parité constituent une seule classe.*

MÉCANIQUE. — *Extension des systèmes conservatifs et généralisation d'un théorème de M. Painlevé.* Note de M. **J. Andrade.**

I. Le déterminisme mécanique qui, depuis longtemps, s'est imposé à la doctrine classique de la Mécanique rationnelle en raison des immenses services qu'il a rendus à l'Astronomie planétaire, n'est pas le seul qui demeure compatible avec la notion des systèmes conservatifs et par suite avec la notion des équilibres stables. D'autre part, dans les interprétations plus ou moins avouées, plus ou moins précises des théoriciens de la Physique, apparaît de plus en plus la tendance à remplacer le pur système de coordonnées absolues par la notion d'un *milieu physique* où baignent les corps que

nous expérimentons tous les jours. C'est par rapport à ce milieu physique que l'on peut généraliser le déterminisme habituel de la Mécanique.

II. Suivant l'hypothèse *galiléenne*, une force F, agissant actuellement sur une masse, lui communique une accélération J et les deux vecteurs F et J sont unis par la relation $F = kmJ$; à cette hypothèse substituons la suivante :

$$F = kmJ\varphi(V^2) \quad (k \text{ et } m \text{ deux constantes}),$$

$\varphi(V^2)$ étant une fonction numérique du carré de la vitesse actuelle V de la masse *m*.

III. Supposons que la force F dépende d'une fonction U des coordonnées de la masse *m* et posons

$$(1) \qquad \psi(\alpha) = \int_0^\alpha \Phi(z)\,dz.$$

Le mouvement de la masse libre admettra l'intégrale

$$(2) \qquad \frac{1}{2} km\,\psi(V^2) - U = \text{const.}$$

IV. Considérons un *système matériel à liaisons* et baignant dans le milieu physique déjà envisagé, les idées de Lagrange et celles de d'Alembert, qui ne font que traduire la passivité ou l'inertie des liaisons, seront encore efficaces et fourniront, au mouvement d'un système dépendant d'une fonction des forces U, l'intégrale suivante où *h* est constante arbitraire :

$$(2\ bis) \qquad \Theta \equiv \frac{1}{2} \Sigma\, km\,\psi(V^2) = U + h;$$

formule où les fonctions $\psi(V^2)$ sont toutes positives.

Le théorème de Lagrange-Dirichlet assure encore une condition suffisante de la stabilité de l'équilibre.

On voit que cette extension du déterminisme mécanique conserve ce qui, dans le domaine pratique, est le plus utile : *l'emploi des balances et la mesure mécanique du temps fondée sur les lois des petits mouvements*.

V. En revanche, les six intégrales projectives habituelles propres aux mouvements des *systèmes isolés* paraissent tout à fait perdues.

On peut toutefois, en imitant avec une variante convenable une méthode inaugurée par M. Painlevé, obtenir le théorème suivant :

Envisageons *un système isolé déformable* dépendant d'une fonction des

forces dont les seules variables soient les distances mutuelles r_{ij} des points matériels M_i et M_j des points matériels qui composent le système isolé.

Au temps $t = 0$, le système s'est ébranlé avec des vitesses initiales toutes nulles; au temps t_1 le système retrouve sa configuration initiale avec des vitesses actuelles, toutes nulles nécessairement puisque le système est conservatif.

Soient S_0 et S_1 les positions respectives du système à ces époques, envisageons la situation Σ du système, à l'époque intermédiaire $\frac{t_1}{2}$.

Les vitesses de déformation, ou les $\frac{dr_{ij}}{dt}$ sont nulles, mais les vitesses absolues des points matériels ne seront pas nécessairement nulles comme elles le sont dans la Mécanique classique en vertu du théorème des aires; toutefois on peut affirmer que les positions successives S_0, Σ, S_1 du système se reproduiront respectivement dans l'ordre S_0, Σ, S_1 Σ, S_0 et aux époques respectives $0, \frac{t_1}{2}, t_1, \frac{3t}{2}, 2t_1$; et ce cycle se reproduira dans la suite du temps périodiquement; et en particulier le centre de gravité du système décrit un arc périodique $G_0 \Gamma G_1 \Gamma G_0$ d'une oscillation sur une même trajectoire constituant un mouvement périodique de période $2t_1$.

Dans le cas particulier où la position Σ serait constituée avec des vitesses actuelles nulles pour tous les points matériels du système, les positions S_0 et S_1 formeraient deux ensembles superposables et parallèles.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Cause de l'usure ondulatoire des rails.* Note de M. **Ch. Frémont**, présentée par M. L. Lecornu.

Depuis une vingtaine d'années, les spécialistes ont publié des observations sur les ondulations qui apparaissent en certains endroits de la surface de roulement des rails. Ils ont généralement attribué la cause de ces ondulations à la nature de l'acier : un mouvement vibratoire, pendant le laminage du rail, créerait le germe initial de ces ondulations.

Des expériences personnelles, effectuées dans le Service de la voie du chemin de fer de l'Est, m'ont montré que la cause de cette usure prématurée des rails est due au phénomène mécanique suivant :

Quand un glissement succède brusquement au roulement de la roue sur le rail, il se produit, par frottement brusque et excessif, un *choc tangentiel* au bandage de la roue; ce choc n'est pas un effort qui puisse être équi-

libré par un effort antagoniste, c'est une quantité de travail qui est absorbée par une déformation élastique d'organes mécaniques connexes avec la roue, généralement par l'essieu qui se tord.

Cette déformation élastique, proportionnelle à l'intensité du choc, emmagasine une quantité de travail qui, brusquement restituée, entraîne rapidement la roue dans le sens inverse, par la détorsion de l'essieu, ce qui fait produire au bandage, sur le rail, un effet de meulage par friction locale.

De nouveaux chocs succèdent au précédent pour les mêmes raisons et produisent ainsi les ondulations sur le rail par une suite de saccades rapides.

Observations de M. **Lecornu** *sur la Communication précédente.*

La Note de M. Fremont invoque le choc tangentiel qui est susceptible de se produire par l'effet du frottement de glissement prenant naissance entre les surfaces de deux corps. C'est là un phénomène sur lequel j'ai jadis appelé l'attention (*Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 635 et 847). Mon but était alors de montrer que, si l'on tient compte de ce phénomène et si l'on remarque en outre que toute force appliquée à un solide réel provoque une déformation correspondante, on voit disparaître les contradictions auxquelles conduisent, dans l'hypothèse d'une rigidité absolue, les lois classiques du frottement. Nous trouvons ici un nouvel et intéressant exemple de ce genre de percussion.

AVIATION. — *Le vol à voile par vent horizontal de vitesse et de direction invariables*. Note [1] de MM. **Jean Villey** et **A. Volmerange.**

Une Note de M. Noguès, publiée sous ce titre dans les *Comptes rendus* de la séance du 5 janvier 1920 (t. 170, p. 65) conduit à la conclusion qu'un oiseau volant dans un vent horizontal régulier constant pourrait indéfiniment se sustenter, et même avancer contre le vent, sans dépenser d'énergie (musculaire ou gravifique).

La comparaison avec le bateau à voiles, qui avance en louvoyant contre le vent moteur, n'est pas légitime, car celui-ci prend appui sur l'eau. Au contraire, sur l'oiseau et l'air qui le soutient interviennent seulement des

(1) Séance du 22 mars 1920.

forces intérieures au système (¹) : Tout freinage que l'oiseau exerce sur le vent en vue de lui emprunter de l'énergie (en mettant à profit sa propre force vive antérieure) entraîne donc obligatoirement pour lui une variation de quantité de mouvement égale et opposée à celle subie par le vent.

Cette relation est vraie en projection sur n'importe quel axe, et en particulier sur la direction VO du vent horizontal, supposée invariable. Même si le phénomène de rebondissement de l'air n'entraînait pas obligatoirement une dégradation partielle de l'énergie échangée, le vent ne pourrait fournir de l'énergie à l'oiseau qu'au prix d'une diminution de sa propre quantité de mouvement suivant cette direction d'incidence. A cela s'ajoute que la seule sustentation pendant le temps t impose à l'air une quantité de mouvement égale à $(Mg \times t)$ suivant la verticale vers le bas : elle ne peut apparaître qu'au prix d'une diminution supplémentaire de sa quantité de mouvement initiale (incidence horizontale).

La projection de la vitesse propre de l'oiseau sur la direction VO du vent ne peut donc que décroître (algébriquement), lorsque le vent fournit de l'énergie à l'oiseau :

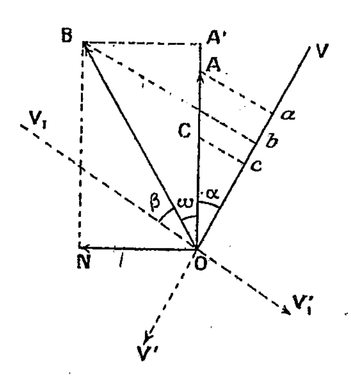
Supposée négative au début, elle diminuera progressivement en valeur absolue; lorsqu'elle deviendra nulle, l'oiseau ne pourra plus gouverner à volonté sans dépenser d'énergie; elle deviendra ensuite positive et croissante : la vitesse du vent relatif diminuant en conséquence, il arrivera un moment où la sustentation elle-même deviendra impossible sans dépense d'énergie.

La conclusion rappelée plus haut étant ainsi en contradiction manifeste avec les principes essentiels de la Mécanique, il est intéressant de préciser le défaut du raisonnement qui y a conduit.

Ce raisonnement est essentiellement le suivant : L'oiseau, animé d'une vitesse horizontale OA qui fait avec la direction VOV′ du vent un angle $(\pi - \alpha)$ compris entre $\frac{\pi}{2}$ et π, peut, par orientation convenable de son plan sustentateur, amener la force de poussée (normale audit plan) à avoir des projections positives simultanément sur la verticale Oz (vers le haut) et sur la direction OA de sa vitesse; il obtient donc alors simultanément, au moyen d'énergie empruntée au vent, sa sustentation et un

(¹) En laissant de côté la pesanteur qui permet à l'oiseau d'acquérir des accroissements de force vive au maximum égaux à la diminution Mgh d'énergie potentielle dont il peut disposer en se laissant descendre jusqu'au sol.

accroissement de son énergie cinétique, au cours d'une portion de trajectoire qui avance contre le vent, avec un accroissement AA′ de sa vitesse suivant la direction de départ OA.



C'est bien exact, mais la nouvelle vitesse OB, plus grande que OA, fait avec la direction V′OV un angle $\alpha+\omega>\alpha$, puisque sa projection O*b* sur OV est plus petite (en valeur absolue) que la projection O*a* de OA. S'il poursuivait sa manœuvre dans le même sens à partir de OB, il arriverait à l'impossibilité de gouverner, puis à l'impossibilité de se sustenter, qu'on a déjà signalées plus haut. Il devra donc prendre de nouvelles orientations capables d'annuler la composante dérivante ON de sa vitesse; et l'erreur consiste à considérer cette manœuvre corrective comme un crochet épisodique, tandis qu'elle entraîne forcément pour l'oiseau une perte d'énergie supérieure au gain acquis dans la manœuvre dérivante :

Lorsque sa vitesse sera revenue sur la direction primitive OA, elle aura une valeur OC forcément plus petite que sa valeur initiale OA, les deux relations $\overline{OC}>\overline{OA}$, qui exprime un gain de force vive de l'oiseau, et $Oc<Oa$, qui exprime la perte corrélative de quantité de mouvement du vent suivant sa direction incidente, étant manifestement contradictoires lorsque l'angle de OC avec OA est nul.

Le vol à voile prolongé, sans dépense d'énergie par l'oiseau, n'est possible que si l'oiseau vole dans un vent *irrégulier*, dont la composante normale à la direction générale du voyage change alternativement de sens le long de la trajectoire, avec une périodicité assez faible pour annuler la dérive ω, *sans dépense d'énergie par l'oiseau*, avant qu'elle ait pris une valeur exagérée. Si α est l'angle le plus petit qui permette avec sécurité la manœuvre dérivante à gauche à partir de la vitesse initiale OA, ω l'angle de dérive réalisé dans la manœuvre, et β l'angle le plus petit qui permette

avec sécurité la manœuvre dérivante à droite à partir de la nouvelle vitesse initiale OB, l'oscillation angulaire du vent, du début d'une manœuvre au début de la suivante, doit être au moins égale à $(\alpha + \omega + \beta)$. Les accroissements d'énergie cinétique ainsi réalisables par l'oiseau schématique dont nous avons négligé les résistances passives, représenteraient, pour un oiseau réel, la possibilité de vaincre ses résistances passives, et de remonter le vent à vitesse constante sans dépenser d'énergie. La direction générale du voyage ainsi réalisable serait intérieure à l'angle AOB.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la distribution dans le sol des courants émis par des lignes de traction électrique.* Note de M. **Girousse**, présentée par M. Lippmann.

Nous avons, dans une précédente Note [1], indiqué comment, à l'aide d'hypothèses couramment admises, on pouvait calculer la grandeur des courants émis en chacun de leurs points par les rails des tramways électriques.

Ces indications peuvent suffire quand on a simplement en vue la réglementation générale de la traction électrique.

Mais quand il s'agit d'études plus précises et de cas d'espèce, il faut déterminer le champ électrique engendré par les rails, et il faut aussi déterminer l'intensité des courants qui pénètrent et traversent les masses altérables placées dans ce sol, c'est-à-dire déterminer l'état électrique de ces masses en fonction de leur position dans le sol.

Ces deux nouveaux problèmes sont, au point de vue du calcul, de nature très différentes et ils doivent être examinés séparément. Nous ne nous occuperons ici que du premier.

La question revient à déterminer l'état de régime d'un milieu indéfini quand on connaît le flux d'électricité débité par un conducteur situé dans ce milieu, où le potentiel de surface de ce conducteur qui, dans le cas que nous considérons, n'est autre que la voie même du tramway.

C'est le problème de Dirichlet pour l'espace extérieur : la solution exacte et complète en est connue, mais elle est trop compliquée pour les applications ordinaires et il convient d'éviter cette difficulté en s'en tenant à une solution approchée, d'autant plus que les variations de conductibilité du sol rendraient illusoire toute recherche de grande exactitude.

Or, on remarque immédiatement que la question se présente ici sous une

---

[1] *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 846.

forme très particulière, puisque l'on connaît, à la fois, le flux de force et le potentiel de la surface de départ.

Les valeurs obtenues pour ces quantités ne sont, il est vrai, que des valeurs approchées, mais, en les utilisant simultanément l'une et l'autre, on obtiendra pour le problème actuel une approximation du même ordre que celle obtenue dans l'étude du courant émis par les rails, laquelle est regardée comme suffisante.

On peut dès lors, au lieu de recourir aux méthodes de Neumann, employer simplement la formule connue

$$U(a, b, c) = \frac{1}{4\pi} \int\int_{\Sigma} \left(\frac{1}{r} \frac{dU}{dn} - U \frac{d\frac{1}{r}}{dn} \right) d\sigma.$$

Si l'on tient compte en outre de la forme spéciale du conducteur de départ, qui peut être réduit à son axe et assimilé à une simple ligne, on obtient pour la valeur du potentiel en un point quelconque la formule

$$V = \frac{1}{4\pi} \int_{X} \frac{1}{r} \rho_s g \, dx$$

dans laquelle ρ_s représente la résistivité du sol et $g\,dx$ le courant émis par l'élément du conducteur dx.

Le champ électrique créé dans le sol par une voie de tramway se trouve ainsi être le même que le champ newtonien dû à une ligne matérielle qui suivrait son parcours et dont la densité, positive ou négative, serait en chaque point proportionnelle au courant lancé dans le sol par les rails du tramway.

Les courants de circulation sont alors représentés par les lignes de force de ce champ et leur intensité, suivant une direction faisant un angle θ avec la direction du champ, a pour expression en chaque point de l'espace

$$I = \frac{1}{4\pi} \int_{x} \frac{g \cos\theta}{r^2} \, dx.$$

Les calculs se réduisent dans tous les cas à de simples quadratures faciles à effectuer à l'aide des procédés d'approximation ordinaires.

Mais comme l'intensité g du courant émis par les rails est généralement donnée sous forme graphique, il sera le plus souvent commode de remplacer la courbe qui la représente par un polygone équivalent et de considérer le champ à déterminer comme résultant de la superposition des champs partiels correspondant aux divers côtés de ce polygone.

Dans cet ordre d'idées, il suffit de connaître le potentiel résultant de

l'action d'une droite matérielle de densité constante ou uniformément variable, et des calculs faciles donnent pour ce potentiel les expressions suivantes :

$$P = (\gamma + \gamma' X) \log \frac{r' + p'}{r - p} - \gamma'(r - r')$$
$$= (\gamma + \gamma' X) \log \frac{(r+p)(r'+p')}{Y^2} - \gamma'(r - r') = (\gamma + \gamma' X) \log \frac{a+c}{a-c} - \gamma' X \frac{2c}{a},$$

qui doivent être employées suivant les cas.

Dans ces formules, l'origine des coordonnées X, Y est au milieu de la droite considérée cc' qui a pour longueur $2c$ et pour densité $\gamma + \gamma' X$; rr' représentent les distances du point potentié aux extrémités cc', pp' les projections de ces distances sur cc', et $2a$ la somme $r + r'$.

Les surfaces équipotentielles sont des surfaces de révolution et le tracé de leurs sections méridiennes, comme celui du champ lui-même, s'effectue sans difficulté en partant des courbes homofocales correspondant à $\gamma' = 0$, c'est-à-dire à la droite de densité constante.

Il va sans dire que les calculs se simplifient notablement quand on considère uniquement les régions voisines de la voie, mais on observe souvent des phénomènes d'électrolyse dans des régions éloignées et il est bon d'être renseigné sur le parcours et la densité probable des courants à grande distance.

Il convient de remarquer que les expressions réduites ainsi obtenues affectent des formes très différentes, suivant qu'il s'agit des régions moyennes ou des régions voisines des extrémités.

On peut observer enfin que la forme générale des lignes de courant se trouve représentée par les fantômes magnétiques que dessineraient des pôles d'électro-aimants de puissance proportionnelle au débit correspondant de la voie, et pourrait ainsi être obtenue expérimentalement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Détection des ions sulfuriques dissimulés dans les complexes.* Note [1] de MM. **P. Job** et **G. Urbain**, transmise par M. A. Haller.

Soit que les radicaux sulfuriques $(SO^4)_{II}$ aient moins de tendance à se dissimuler dans les groupements complexes que les ions chlore, par exemple, soit que les difficultés inhérentes à leur dosage à l'état de sulfate

[1] Séance du 29 mars 1920.

de baryum imposent un mode opératoire qui provoque la dislocation du complexe, la distinction précise entre les ions (SO^4) libres et ces ions masqués était jusqu'ici d'ordre plutôt théorique qu'expérimental. Pour établir la différence, on faisait appel à l'analogie des dérivés chlorés correspondants, ce qui ne laisse pas, étant hypothétique, d'être critiquable.

Le dosage des ions sulfuriques à l'état de sulfate barytique est brutal. Il faut chauffer les liqueurs pour rassembler le précipité et éviter qu'il ne traverse ultérieurement les filtres. Ce sont là des conditions auxquelles des complexes minéraux, toujours fragiles, ne sauraient résister. Les complexes minéraux, quelque voisins qu'ils soient de l'état parfait, sont toujours menacés d'une évolution plus ou moins rapide dès qu'on élève la température. Ils sont en effet peu stables et le plus sûr moyen d'éviter toute transformation est de paralyser le sel dissous par le froid.

Or on sait que la benzidine détermine dans les solutions neutres ou légèrement acides des sulfates un précipité pratiquement quantitatif de sulfate de benzidine. Cette réaction n'est guère affectée par la température, et, quelle que soit celle-ci, le précipité obtenu se filtre et se lave sans difficulté. Il n'était aucunement certain que le chlorhydrate de benzidine ne précipiterait pas non seulement les ions (SO^4) libres, mais même les ions masqués, car la benzidine étant une base faible, ses sels sont hydrolysés en solution aqueuse, laquelle contient de ce chef de l'acide chlorhydrique libre. Or les ions chlorhydriques pouvaient se substituer aux ions $(SO)^4$ à la faveur d'un équilibre, par exemple, et en déterminer la précipitation totale par la benzidine.

Nos expériences montrent que, fort heureusement, une telle réaction n'est pas inévitable, si l'on opère à froid et si l'on filtre le précipité formé dans la liqueur aussitôt qu'il est convenablement rassemblé.

A titre d'exemple nous donnons ci-dessous, sans décimales illusoires, quelques nombres obtenus tant par la méthode à la benzidine que par la méthode classique au chlorure de baryum :

	SO^4 pour 100 dosé par la méthode au	
	chlorhydrate de benzidine.	chlorure de baryum (SO^4 total).
I. — (SO^4) *non dissimulé.*		
$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\H^2O\end{matrix}\right]\begin{matrix}SO^4\\SO^4H\end{matrix}$, aq.....	50,7 (à 15°)	50,7
$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^4\\(H^2O)^2\end{matrix}\right]^2(SO^4)^3$, aq....	44,1 (à 0°)	44,2

	SO^4 pour 100 dosé par la méthode au chlorhydrate de benzidine.	chlorure de baryum (SO^4 total).
II. — (SO^4) *totalement dissimulé.*		
$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\SO^4\end{matrix}\right]NO^3$..........	0 (à 15°)	32
III. — (SO^4) *en partie dissimulé.*		
$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^5\\SO^4\end{matrix}\right]SO^4H$, aq.....	25 (à 15°)	49,5
$\left[Co\begin{matrix}(NH^3)^4\\SO^4\end{matrix}\right]SO^4H$, aq (1)..	27,3 (à 15°)	55

Ces résultats ne laissent aucun doute sur la valeur de la méthode et ce qu'on peut en attendre. Alors que les sels de baryum employés suivant le procédé de dosage classique précipitent la totalité des groupements (SO^4) contenus dans un sulfate complexe, le chlorhydrate de benzidine précipite seulement, à froid, ceux qui fonctionnent comme ions libres.

D'autre part, les résultats précédents éliminent une fois de plus une des hypothèses dont la théorie de Werner, comme toutes les théories jeunes, était encombrée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'eau sur le sulfure d'éthyle dichloré.* Note de MM. **Ch. Boulin** et **L.-J. Simon**.

Au premier examen, le sulfure d'éthyle dichloré ne paraît pas se dissoudre dans l'eau froide ni être altéré à son contact. Une goutte de cette substance renfermée avec de l'eau dans un flacon y persiste longtemps ; en réalité, elle disparaît à la longue, car d'une part elle est légèrement soluble et, comme nous l'avons déjà vu pour le sulfate diméthylique, à cette solubilité se superpose une décomposition : l'eau prend une réaction acide due à la formation d'acide chlorhydrique dont la mesure permet de suivre la décomposition du sulfure dichloré.

La vitesse de cette décomposition s'accentue à mesure que la température s'élève et, à condition d'employer un excès d'eau à l'ébullition, la décomposition est presque totale dans le sens de la formule

$$S(CH^2-CH^2Cl)^2 + H^2O \rightarrow S(CH^2-CH^2OH)^2 + 2HCl.$$

(1) Ce sel, non encore décrit, a été préparé par l'un de nous.

La solution aqueuse est alors limpide et ne révèle plus par son odeur la présence du produit chloré initial. Celui-ci est remplacé par un produit oxygéné, le thiodiglycol, que l'on isole *en neutralisant* au moyen de soude la solution acide et en concentrant sous pression réduite. Finalement le thiodiglycol, qui retient opiniâtrement l'humidité, est desséché dans le vide sur de l'anhydride phosphorique. On récupère 95 pour 100 de ce que prévoit la formule en thiodiglycol et chlorure de sodium. Il est indispensable de neutraliser avant concentration, sans quoi la réaction inverse se produirait. *Le phénomène est en effet un phénomène d'équilibre.* Nous avons effectué l'éthérification inverse avec l'acide chlorhydrique concentré commercial et constaté après Clarke qu'avec une technique convenable, d'ailleurs fort simple, cette éthérification peut être réalisée avec le même rendement quasi théorique que l'opération inverse.

Solubilité dans l'eau froide. — Comme la solution dans l'eau est accompagnée ou, plus exactement, suivie d'une décomposition, il est nécessaire d'un artifice pour distinguer les deux phénomènes : le sulfure est agité pendant quelques minutes avec un excès d'eau à une température déterminée. On laisse reposer, puis on prélève dans la couche aqueuse devenue limpide un volume connu dont on titre, d'une part, l'acidité immédiate, et, d'autre part, l'acidité après 24 heures de repos dans un endroit tiède. La première mesure fixe la quantité de sulfure détruit par l'eau et la seconde la quantité de sulfure simplement dissous puis détruit à la longue.

Si l'on effectue des prélèvements consécutifs, les deux mesures n'apparaissent pas comme indépendantes : le sulfure dissous croît proportionnellement au sulfure détruit. La solubilité dans l'eau du sulfure d'éthyle dichloré croît en effet en présence du thiodiglycol que sa décomposition progressive fait surgir. Si l'on trace un diagramme en portant en abscisses les molécules détruites et en ordonnées les molécules dissoutes, les points se placent sur une droite dont l'ordonnée à l'origine correspond à *une solubilité de* $0^g,48$ *par litre :* c'est là la solubilité dans l'eau pure du sulfure d'éthyle dichloré.

Action de l'eau chaude. — Pour permettre une appréciation de l'influence de la température sur la rapidité de la destruction par l'eau du sulfure d'éthyle dichloré, nous avons comparé les durées nécessaires à la destruction totale d'une certaine quantité du produit aux températures de 20°, 50° et 100° par un excès d'eau (200 parties). Ces durées sont entre elles respectivement comme 1 — 7,5 et 30 au moins approximativement. Si maintenant on examine l'influence de l'excès d'eau, on observe qu'en employant moins d'eau (10 parties) la destruction exige, quelle que soit la température,

environ trois fois plus de temps. A la vérité, en rapportant les résultats à l'emploi d'une quantité d'eau invariable, on voit que, dans une durée triple, *il y a vingt fois plus de sulfure détruit* : cette remarque prend sa valeur dans le cas où, pour la destruction, on ne dispose que d'une quantité limitée d'eau.

Il y a lieu également d'observer qu'à 100° le sulfure est entraînable par la vapeur d'eau, à telle enseigne que Clarke utilisait cette propriété pour le purifier. Cette pratique est défectueuse par suite de la décomposition qui accompagne la distillation; mais, au point de vue de la destruction, les températures trop élevées doivent être évitées par suite de la volatilisation qu'elles provoquent.

Action de l'eau acidifiée ou alcalinisée. — En solution aqueuse à des concentrations voisines (1 mol-gr par litre), les acides étendus, l'acide chlorhydrique entre autres, semblent agir pour retarder légèrement l'action de l'eau pure. Il en est de même de l'ammoniaque.

Chose curieuse et inattendue, si l'on se reporte à la nature de la réaction, *la potasse, à la même concentration, exerce une influence retardatrice très nette sur la décomposition.*

100^{cm^3} de potasse renfermant 100 mol-mg d'alcali ont détruit 7,5 mol-mg de sulfure en 11 heures à 50°, alors que, dans les mêmes conditions, 3 heures suffisaient avec l'eau pure.

La cause de cette singularité a été cherchée et trouvée dans l'action retardatrice exercée par le chlorure de sodium : des expériences dirigées dans cette intention l'ont établi.

Action de l'eau en présence de thiodiglycol. — Le thiodiglycol et le sulfure dichloré sont partiellement miscibles l'un à l'autre à la manière de l'éther et de l'eau. D'autre part, le thiodiglycol est entièrement miscible à l'eau. On doit donc s'attendre à ce qu'il augmente la solubilité du sulfure comme l'alcool éthylique augmente la miscibilité de l'éther et de l'eau. C'est bien ce qui arrive même pour des doses assez faibles de thiodiglycol. Pour des doses plus élevées la présence du thiodiglycol produit deux effets distincts : augmentant la solubilité dans l'eau, il augmente corrélativement la vitesse initiale de décomposition du sulfure par l'eau ; mais, d'autre part, comme il constitue l'un des produits de cette décomposition, son accumulation a pour effet de la limiter et d'en diminuer la vitesse. L'observation montre qu'en augmentant la quantité de thiodiglycol on accélère la disparition du sulfure dichloré non dissous, on augmente la solubilité et l'on diminue la quantité détruite au bout d'un temps donné. *L'addition de thiodiglycol*

favorise donc la solution du sulfure dichloré, mais au moins à une certaine dose il en retarde la destruction.

Dosage du chlore dans le sulfure dichloré. — Une dernière application de l'action de l'eau sur le sulfure dichloré se présente à propos de son analyse et en particulier de la détermination rapide et approximative du chlore. Le principe repose évidemment sur l'emploi d'une solution titrée de nitrate d'argent; mais la méthode de Mohr, en liqueur neutre avec chromate comme indicateur, ne fournit pas de résultats satisfaisants. Le virage manque de netteté et l'on ne peut en voir une autre cause que la présence du thiodiglycol dans la solution. Par contre, la méthode Charpentier au sulfocyanure nous a donné des résultats satisfaisants.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des phénomènes de charriage dans la Sierra de Majorque (Baléares).* Note (¹) de M. **P. Fallot**, transmise par M. W. Kilian.

Dans une Note récente (²) j'ai montré que le milieu de la Sierra de Majorque paraît formé de *quatre termes tectoniques* superposés dont le troisième, compté de bas en haut, est lui-même affecté d'imbrications de détail. Le raccord de ces éléments structuraux avec les écailles dont j'avais signalé l'existence en 1914 dans le tiers occidental de la chaîne est rendu délicat par la large et profonde dépression, tapissée de dépôts quaternaires, au fond de laquelle gît la ville de Soller.

Il semble toutefois que le massif des Puig Galera, Gros et Fontanellas, qui sert de socle au Teix (1064), représente l'équivalent des séries I et II mentionnées aux abords du Puig Mayor, en même temps que des deux termes inférieurs étudiés par moi en 1914. Sur le poudingue miocène qui couronne les éléments imbriqués de ce socle, repose le Teix lui-même, formé d'une écaille charriée, à base de Trias, écaille affectée d'un pli couché vers le Nord-Nord-Ouest dans le noyau synclinal duquel apparaissent le Tithonique fossilifère et peut-être le Néocomien. Cette écaille du Teix appartient sans doute à la série III; le pli couché qu'on y observe trouve sa continuation dans les accidents de la Sierra Alfabia.

Les importants dépôts quaternaires du sud de la chaîne n'ont pas encore permis de suivre la série IV vers l'Ouest.

L'étude des quatre « écailles » ou « nappes » observées au milieu de la chaîne peut se poursuivre plus facilement au nord-est du massif du Puig Mayor.

(¹) Séance du 29 mars 1920.

(²) P. Fallot, *Observations sur les phénomènes de charriage du centre de la Sierra de Majorque* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 739).

La série inférieure (I), remontant à la faveur d'une élévation d'axe, est mise à jour par l'érosion jusqu'au fond de la dépression d'Eubarca, près du Monastère de Lluch à 6km du rivage nord de l'île. A l'est du couvent, ses calcaires liasiques constituent en partie la plaine rocheuse qui sépare le chaînon du Puig Tomir, du Puig Roig, et au milieu de laquelle le petit sommet conique de Son Ausinas est formé par un témoin de Trias reposant sans intercalation visible de Miocène sur les calcaires jurassiques.

La série n° II est *écrasée* par la nappe III, à l'est du Puig Mayor, contre un bombement important du substratum. Mais elle reparaît vers Casa Nova et Escorca et se suit constamment le long du pied nord-est du Puig Masanella jusqu'au pied du Puig Tomir. Elle paraît liée à la série I dans la dépression qui sépare ce sommet du Puig Roig. Le Miocène de la série II qui, en amont de Bini, comportait des couches à plantes et à lignites ne semble plus ici formé que par des poudingues, des grès à *Clypeaster* et des calcaires zoogènes.

Enfin la série III constitue les sommets qui entourent la dépression de Lluch : P. Masanella, col de Lluch, Puig Tomir, ainsi que la masse en recouvrement (masse complexe à laquelle s'ajoutent sans doute des éléments écrasés de la série (II), qui forme la plus grande partie du Puig Roig.

Mes observations ne se sont pas étendues à l'est de la région de Lluch. D'après l'intéressant travail de M. Darder (1), il semble toutefois que la série inférieure I se poursuit en bordure de la mer jusque vers la Pa de Ferrayo au nord de Pollenza.

Les marnes néogènes, apparaissant « en fenêtre » à la Cala San Vicente, appartiendraient à la série II, le Trias qui les recouvre semblant être l'homologue de celui que l'on observe sur le Miocène de Lluch, et marquant par conséquent la base de la série III.

Enfin la série IV trouve peut-être sa continuation dans la masse jurassique signalée comme étant en recouvrement sur du Néocomien et du Tertiaire, au Puig Pollenza.

Amplitude du mouvement tangentiel. — Le chevauchement de la série III sur les séries I et II atteint 5km à 6km vers Lluch. Le témoin du Puig l'Ofre (série IV) se trouve à 6km en avant de la petite fenêtre de Son Vergé au pied sud du P. de Soncadañe; mais la disparition de toute la chaîne sous la plaine quaternaire ne permettra pas d'évaluation d'ensemble avant que le centre de l'île soit mieux connu.

Stratigraphiquement, il y a peu de différence entre les quatre écailles qui viennent d'être énumérées, à part la présence du Tithonique (2) accompagné par le Néocomien dans les deux plus élevées, et celle du Nummulitique qui remplace le Miocène dans ces mêmes unités supérieures.

---

(1) B. Darder Pericas, *El Triasico de Mallorca Trabaj. del Museo Nacional de Ciencias Naturales* (*Seria Geol.*, n° 7, 1914).

(2) En un point de la série III, à l'est de la maison du Cuba, le Tithonique connu partout ailleurs aux Baléares sous le facies à Céphalopodes, décrit à Cabra par M. Kilian, porte la trace d'un épisode zoogène. Parmi les fossiles en très mauvais état trouvés dans ce gisement, on reconnaît des Polypiers ainsi que des Brachiopodes à très gros crochets *Ter* cf. *mitis* Suess, *Mag.* cf. *cataphracta* Suess, *Rhynchonella*, sp.

Toutefois, la grande complexité de cette chaîne, étroite et très disloquée, obligera sans doute à la considérer comme solidaire des massifs montagneux du sud de l'île. Dans cette *hypothèse*, la Cordillère nord représenterait la partie frontale d'une ou de plusieurs nappes ayant cheminé en profondeur du Sud-Est vers le Nord-Ouest et dont les digitations, butant sur quelque obtacle autochtone, aurait réalisé la série d'« écailles » déferlant les unes contre les autres décrites sommairement dans les lignes qui précèdent.

PALÉONTOLOGIE. — *La faune quaternaire de la base de l'Ergeron à Cambrai.* Note (¹) de M. G. **Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

M. J. Godon a mis à jour, il y a quelques années, une riche faune de mammifères quaternaires au faubourg Saint-Druon à Cambrai (²). Les ossements très nombreux découverts, par cet habile naturaliste, généreusement offerts par lui au musée de Lille, se trouvaient, mélangés sans ordre, dans un sable argileux contenant quelques rares galets de silex, situé à la base de l'ergeron et reposant sur des sables tertiaires. On sait, principalement à la suite des recherches de Commont, que la base de l'ergeron est d'âge moustérien ancien. Cette faune est surtout remarquable par sa richesse en petits Rongeurs et en Carnassiers. Je l'ai étudiée en détail et j'y ai reconnu les espèces suivantes :

Spermophilus rufescens Keys. et Blas. (Spermophile des steppes du sud-est de la Russie), en très grande abondance : crânes, vertèbres, os des membres).

Arvicola amphibius Pallas (Campagnol rat d'eau), rare : un fragment de crâne.

Arvicola nivalis Martins (Campagnol des neiges), rare : un fragment de crâne.

Myodes lemmus Pallas (Lemming de Norvège), assez commun : fragments de crâne, mandibules.

Dicrostonyx torquatus Gloger = *Myodes torquatus* Keys. et Blas. (Lemming à collier), assez commun : fragments de crâne, mandibules.

Lepus timidus L. (Lièvre), assez commun : os des membres.

Hyæna spelæa Gold. (Hyène des cavernes), rare : fragment de mandibule avec dentition de lait.

Canis lagopus L. (Renard arctique ou Renard bleu), commun : crâne, os des membres, vertèbres, fragments osseux divers; fragment de mâchoire d'un jeune animal avec dentition de lait.

(¹) Séance du 29 mars 1920.

(²) J. Godon, *Découverte d'une faune quaternaire à Cambrai* (*Ann. S. Géol. Nord*, t. 35, 1906, p. 189).

Mustela nivalis L. (Belette), rare : fragment de crâne, mandibule.

Putorius Godoni nov. sp., Putois très différent du Putois commun actuel et présentant de grandes affinités d'une part avec le *Put. Eversmanni* Lesson, des steppes du sud-est de la Russie; d'autre part avec le *Put. nigripes* Aud. et Bachm., des prairies de la région du Missouri aux États-Unis. Cette espèce est représentée à Saint-Druon par une tête entière bien conservée et un fragment de tête. Les très légères différences ostéologiques que j'ai pu constater entre le type de Cambrai et les deux formes également voisines de ce type : *Put. Eversmanni* et *Put. nigripes*, m'ont empêché de l'assimiler à l'une ou à l'autre de ces deux espèces. La forme *Put. Godoni* sera décrite et figurée dans un travail ultérieur.

Elephas primigenius Blum. (Mammouth), assez rare : fragments d'os divers, une molaire de lait.

Equus caballus L. (Cheval), rare : fragments divers.

Rhinoceros tichorhinus Fisch. (Rhinoceros à narines cloisonnées), commun : nombreux os des membres très bien conservés.

Bos : quelques fragments.

Cervus tarandus L. (Renne), assez rare : quelques fragments d'os des membres.

On peut remarquer dans cette faune :

1° Des formes peu typiques ou peu localisées, soit à une région, soit à un climat : *Must. nivalis*, *Lep. timidus*; on doit y rattacher *Hyæna spelæa*, voisine de *Hyæna crocuta* actuelle, et dont l'histoire géologique reste encore mal comprise au point de vue climatérique.

2° Des formes de steppes : *Eq. caballus*, *Sperm. rufescens*, *Put. Godoni* (puisque cette espèce est très voisine à la fois de *Put. Eversmanni* et de *Put. nigripes*).

3° Une forme de montagne : *Arv. nivalis*.

4° Des formes arctiques dont certaines très caractéristiques des toundras : *Cerv. tarandus*, *Can. lagopus*, *M. lemmus*, *Dicr. torquatus*; il faut y ajouter : *El. primigenius*, *Rh. tichorhinus*, toujours associés à des formes froides dans le Quaternaire.

5° Une forme de climat tempéré, plutôt humide : *Arv. amphibius*.

Un tel mélange de formes, aujourd'hui si nettement caractéristiques au point de vue climatérique, est l'indice d'un affolement dans les migrations, dû à une avancée à la fois brusque et considérable du glacier septentrional, lors de la glaciation wurmienne.

ACTINOMÉTRIE. — *Sur les actinomètres d'Arago et de Bellani.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Bigourdan.

Pour les observations actinométriques appliquées à l'hygiène ou à l'agriculture, deux instruments déjà anciens conservent, malgré les progrès de

la science, un certain intérêt, à cause de leur prix relativement bas et de leur simplicité. Ce sont l'actinomètre à boules conjuguées d'Arago, dit *de Montsouris*, et le lucimètre ou actinomètre totalisateur de Bellani.

Employés pour la première fois en France par Marié-Davy, ils ont été, de la part de ses successeurs à l'Observatoire de Montsouris, l'objet de nombreuses études qui ont abouti à plusieurs perfectionnements. Bon nombre des exemplaires actuellement en service dans les stations météorologiques ont été vérifiés et étalonnés à Montsouris. Une longue expérience nous a montré que l'emploi de ces deux instruments nécessitait diverses précautions ou corrections, faute desquelles les résultats qu'on en tirerait seraient dénués de valeur. Nous croyons utile de les faire connaître.

1° *Actinomètre à boules conjuguées.* — La position donnée à l'instrument a la plus grande importance. Trop souvent encore, on place les deux thermomètres dans un plan vertical orienté Est-Ouest, où ils dessinent un V. Or les réservoirs ne sont jamais rigoureusement sphériques, les uns sont un peu allongés dans le sens de l'axe, les autres un peu aplatis; de plus, la tige est toujours une cause de perturbation. Si donc l'instrument est exposé comme nous venons de le dire, les deux réservoirs thermométriques sont frappés par les rayons solaires dans des conditions différentes et qui varient au cours de la journée. Le rapport des différences thermométriques lues sur deux actinomètres placés côte à côte peut présenter une variation diurne très accentuée. A lumière égale, les indications de l'instrument dépendent donc de la position du Soleil dans le ciel et n'ont pas de signification précise. Il n'en est plus de même si l'on a soin d'orienter les thermomètres parallèlement à l'axe du monde. Dans ces conditions, il ne peut plus subsister qu'une petite variation annuelle, liée au mouvement du Soleil en déclinaison et généralement négligeable.

Ce qui est plus grave, c'est la diminution progressive de sensibilité que manifestent les actinomètres d'Arago dans le cours du temps. Pour l'un d'eux, par exemple, la différence thermométrique a diminué de 23 pour 100 en 8 ans.

Cette variation est attribuable à ce que les ampoules de verre qui entourent les thermomètres perdent peu à peu de leur transparence. Elle paraît sans remède. Tout ce qu'on peut faire, c'est d'appliquer aux différences thermométriques observées un coefficient variable dont on détermine les valeurs successives par des comparaisons assez fréquentes avec un étalon que l'on conserve à l'abri de toute cause d'altération.

2° *Actinomètre totalisateur.* — Nous mentionnerons seulement pour

mémoire deux faits connus : chaque exemplaire a sa sensibilité propre et celle-ci diminue à mesure que la boule bleue se vide, suivant une loi qui est également variable d'un exemplaire à l'autre. On en tient compte à l'aide d'une Table de correction qui ramène les lectures à celles qu'on aurait faites sur un instrument idéal dont la sensibilité serait constamment égale à celle que possède l'instrument étalon au zéro de sa graduation.

L'étalonnage est fait par temps clair et la Table de correction qu'on en déduit permet de rendre les observations comparables lorsque le temps est tel; mais, si le ciel est très nuageux ou couvert, il n'en est plus de même. L'expérience montre que, de deux actinomètres inégalement sensibles, celui qui l'est le moins devient, à la lumière diffuse, paresseux relativement à l'autre. Nous en avons vu qui, par ciel entièrement couvert, ne distillaient absolument pas. Il ressort de là que la vitesse de distillation de cet instrument n'est pas proportionnelle à l'intensité de la lumière. Elle reste nulle jusqu'à ce que celle-ci ait atteint une certaine valeur, qui diffère d'un exemplaire à l'autre, après quoi elle se rapproche progressivement de la proportionnalité.

Lorsqu'on a affaire à des instruments peu différents et qui sont lus fréquemment, par exemple toutes les trois heures, on peut, dans une certaine mesure, rétablir la comparabilité au moyen d'une nouvelle correction qui est fonction de la quantité de liquide distillée dans l'intervalle de deux observations. C'est ainsi que nous opérons.

Passons à l'influence de la température, qui n'est nullement négligeable. La sensibilité de l'instrument croît avec la température ambiante. Depuis bien des années, nous avons entrepris l'étude de cette influence, en comparant par temps clair, à différentes températures, les indications de l'actinomètre totalisateur et celles de l'actinomètre d'Arago qui sont à peu près indépendantes de la température de l'air. Les résultats présentent des irrégularités qui tiennent vraisemblablement à l'absorption sélective de l'actinomètre à boule bleue. En gros, on peut cependant dire dès à présent que, comparativement à ce qu'elle est à la température de 10°, la sensibilité de l'actinomètre vaporisateur augmente du dixième de sa valeur quand le thermomètre monte à 20° et diminue d'autant lorsqu'il s'abaisse à 0°.

Nous avons repris cette recherche depuis l'été dernier, à l'aide d'un actinomètre à boules conjuguées dont le réservoir thermométrique absorbant est fait du même verre bleu que la boule de l'actinomètre vaporisateur. Elle n'est pas encore terminée, mais paraît devoir conduire à un résultat peu différent de celui que nous venons d'indiquer.

Cet instrument perd, lui aussi, de sa sensibilité avec le temps, mais la diminution est plus lente que pour l'actinomètre d'Arago.

Pour conclure, notre opinion est que le lucimètre de Bellani peut donner des indications fort utiles sur les variations de la luminosité dans une même station ou encore sur les différences de luminosité d'une station à une autre, si l'on se contente de lui demander le signe de ces différences et leur ordre de grandeur, mais nous ne croyons pas qu'on puisse jamais en obtenir des mesures tant soit peu précises de la quantité de chaleur lumineuse reçue du Soleil ou du ciel.

AGRONOMIE. — *Sur l'action de la chloropicrine sur les parasites du blé et sur les rats.* Note de M. **A. Piutti**, présentée par M. Roux ([1]).

M. Bertrand et ses collaborateurs ont fait récemment connaître, dans ce Recueil ([2]), les résultats d'un certain nombre d'expériences qu'ils ont effectuées sur l'action de la chloropicrine sur différents parasites et sur les rats. Ces expériences conduisent, tout naturellement, à d'importantes conclusions pratiques; à savoir : la destruction des parasites dans les céréales et la dératisation des navires.

Les expériences de M. Bertrand et de ses collaborateurs constituent également une confirmation très nette des résultats expérimentaux que nous avons obtenus, il y a déjà plus de deux ans et que nous avons publiés à l'époque ([3]).

Depuis 1917, à la suite des recherches en question, nous préconisions l'emploi de ce liquide de guerre ([4]) pour les mêmes buts pratiques auxquels M. Bertrand le propose aujourd'hui.

([1]) J'ai en vain cherché à la bibliothèque de l'Institut de France et dans plusieurs autres les années 1917 et 1918 du *Rend. della R. Accad. di Scienze fisiche e matematiche di Napoli*, elles n'y étaient pas encore parvenues. (Dr Roux.)

([2]) G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 742. — G. Bertrand et Mme M. Rosenblatt, *Ibid.*, p. 911. — G. Bertrand, Brocq-Rousseu et Dassonville, *Ibid.*, t. 169, 1919, p. 441, 880, 1059 et 1428. — G. Bertrand et Brocq-Rousseu, *Ibid.*, t. 170, 1920, p. 345.

([3]) Arnaldo Piutti et L. Bernardini, *Sopra l'azione della cloropicrina* (*tricloronitrometano*) *sui parasiti del grano* (*Rend. della R. Accad. di Scienze fisiche e matematiche di Napoli*, 3e série, vol. 23, p. 5; séance du 7 avril 1917); *Sulla derattizzazione nei trasporti navali mediante la cloropicrina* (*Rend. R. Acc. Sc. fis. mat. di Napoli*, 3e série, vol. 24, p. 16; séance du 2 mars 1918).

([4]) Le Ministère à l'Agriculture italien, dès janvier 1919, sur notre proposition,

Dans cette courte Note, nous croyons faire chose utile en rappelant très sommairement les résultats généraux de nos recherches. Ce rappel nous semble d'autant plus justifié qu'il ne paraît pas que nos études aient été à la connaissance de M. Bertrand, qui n'en fait pas mention dans ses belles recherches.

1° Pour ce qui regarde l'action de la chloropicrine sur les parasites du blé (*calandra granaria*, *tenebrioides mauritanicus*, *lemophleus ferruginens* et larves de lépidoptères : *sitotroga cerearella*, *tinea granella*, *plodia americana*), il convient de rappeler que nos nombreuses expériences, qui ont porté toujours sur des blés très avariés, ont été faites, d'abord en petit, sous cloche de verre et plus tard en grand, en opérant sur des tonnes de blé, placées dans un dépôt habituel de minoterie. Il ressort nettement de toutes ces expériences que si la chloropicrine agit, sur le blé, *environ une semaine*, *à la dose de* 20^{cm^3} *par mètre cube* (*d'espace occupé ou non par le blé*) *et à la température d'environ* 15°-20°, *on a d'excellents résultats en ce qui concerne la mort des parasites*.

L'action parasiticide de la chloropicrine est, dans ces conditions, supérieure à celle de CS^2, car ce dernier liquide, pour donner les mêmes résultats, doit être employé en quantités beaucoup plus grandes et, de plus, il présente des inconvénients pratiques bien connus (inflammabilité). Toutes choses égales d'ailleurs, il a été prouvé que l'élévation de la température favorise grandement l'action parasiticide du liquide en question, du fait de sa plus grande volatilité.

Nous avons également établi que la farine et le pain fabriqués avec des blés traités par la chloropicrine étaient absolument inoffensifs et qu'ils conservaient toute leur valeur nutritive. Il est cependant très remarquable que les graines de blé perdent environ 30 pour 100 de leur pouvoir de germination par le traitement à la chloropicrine. Dans les expériences de M. Bertrand, la dose de liquide employé par mètre cube a été environ 10 fois plus élevée que dans les nôtres; dans ce cas, il est donc à prévoir (indépendamment des inconvénients que ces hautes concentrations peuvent présenter au point de vue de l'emploi pratique) que les graines aient à subir une action destructive trop énergique de leur pouvoir de germination.

---

a nommé une Commission d'études qui a confirmé tous nos résultats. Ce même Ministère a déjà communiqué aux industriels intéressés les instructions pratiques (dont la rédaction nous a également été confiée) concernant l'emploi de la chloropicrine comme désinfectant des céréales.

2° Les expériences que nous avons faites en vue de l'emploi de la chloropicrine pour la dératisation des navires ont d'abord été effectuées dans le laboratoire (dans des chambres appropriées) et ensuite dans les cales de bateaux. Ces cales cubaient respectivement 800^{m^3} (expériences effectuées à bord du *Tebe*, 5 décembre 1917) et 1075^{m^3} (expériences à bord du *Sumatra*, 17 décembre 1917).

En faisant tomber goutte à goutte la chloropicrine (contenue dans un récipient en fer étamé et placé sur le pont du navire) dans des tubes en toile contenant de l'ouate, qui pendaient dans les cales mêmes, nous avons obtenu la mort de tous les rats que nous avions placés dans la cale, à différentes hauteurs, au bout de 2 heures 30 de temps. Il est en outre utile de remarquer que ces résultats ont été obtenus en utilisant seulement $1^{kg},5$ de chloropicrine (soit 900^{cm^3} de liquide).

Les expériences de M. Bertrand, effectuées avec des concentrations de beaucoup supérieures aux nôtres, confirment nos résultats et, de plus, établissent que les puces des rats sont tuées bien avant les rats même, ce qui, au point de vue de la transmission des épidémies, présente évidemment un intérêt capital.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur la résistance des microzymas à l'action du temps et sur leur survivance dans l'ambre.* Note de M. V. **Galippe**, présentée par M. Yves Delage.

L'ambre est une résine fossile provenant de différentes espèces de Conifères. Cette résine ayant été un produit de sécrétion physiologique, il était intéressant de rechercher si les éléments vivants normaux ou accidentels qu'elle avait renfermés au moment de sa formation, avaient pu traverser une longue série de siècles sans perdre leur vitalité.

Grâce à la bienveillance de M. A. Lacroix, nous avons pu étudier un certain nombre de spécimens d'ambre de la collection minéralogique du Muséum dont, pour la majorité, l'origine était connue.

La technique que nous avons suivie est la suivante : D'une façon générale l'ambre est partiellement soluble dans l'éther, mais ce fait n'est pas constant. Nous avons mis cette propriété à profit; mais avant de soumettre l'ambre à l'action de ce dissolvant, nous l'avons débarrassé soigneusement par l'émondage mécanique et des lavages prolongés dans l'eau distillée stérilisée des impuretés qui pouvaient souiller sa surface. Enfin les morceaux d'ambre, après avoir été séchés entre des feuilles de papier-filtre stérilisé, ont été mis en contact avec de l'eau distillée stérilisée et sursaturée

d'éther pendant vingt-quatre heures et fréquemment agités. Au sortir de cette solution éthérée, les fragments d'ambre étaient essuyés entre des feuilles de papier stérilisé et finalement placés dans l'éther pur.

La durée du traitement par l'éther a varié suivant les spécimens. Il en est qui se sont montrés absolument réfractaires à l'action de ce dissolvant et qui ont dû être pulvérisés par des moyens mécaniques avec toutes les précautions antiseptiques requises. La plupart, au contraire, se gonflaient, se ramollissaient au contact de l'éther et se laissaient facilement diviser à l'aide d'un instrument stérilisé.

D'une façon générale les morceaux d'ambre sont restés, au minimum, quarante-huit heures dans l'éther, mais souvent ce contact a dû être prolongé pendant quatre ou cinq jours. A l'aide d'une aiguille stérilisée, on s'assurait du degré de résistance des fragments d'ambre plongés dans l'éther. Le résultat recherché étant obtenu, les fragments d'ambre, après avoir été placés entre des feuilles de papier-filtre stérilisé, étaient aseptiquement divisés en parcelles aussi fines que possible et ensemencés sur des milieux de culture solides ou liquides.

Chaque fois que cela nous a été possible, nous avons pratiqué l'examen microscopique direct des parcelles d'ambre et presque toujours, malgré les difficultés de cet examen, nous avons pu y constater la présence de microzymas, de bacilles ovoïdes et, plus rarement, de bâtonnets fortement incurvés.

La majorité de nos ensemencements ont donné des résultats positifs après quarante-huit heures de séjour à l'étuve, mais un certain nombre ont été beaucoup plus tardifs.

D'une façon générale, la flore de l'ambre ne s'est pas montrée très variée. Sans entrer dans des détails qui trouveront place ailleurs, nous nous contenterons de dire que dans nos cultures nous avons toujours trouvé des microzymas, des bacilles ovoïdes, ainsi que des bâtonnets. Ces microrganismes étaient habituellement doués de mouvements très vifs. Examinés à la lumière polarisée, les bacilles ovoïdes ne fixant pas la matière colorante se sont montrés biréfringents.

SPÉCIMENS D'AMBRE AYANT DONNÉ DES RÉSULTATS POSITIFS. — *Origine inconnue :* quatre. *Baltique* (*Königsberg*, *Danzig*, etc.); *île d'Enet*, *près l'île d'Aix* (Crétacé, Cénomanien); *Ambre de Villers-en-Prayer* (Aisne) (Tertiaire, Éocène). *Saint-Lon* (Landes) (Cénomanien), deux spécimens. *Scanello* (près Bologne). *Meudon* (Seine-et-Oise) (Éocène, dans argile plastique). *Briollay* (Maine-et-Loire, Cénomanien). *Allinges* (près Thonon, Miocène). *Andard* (Maine-et-Loire, Cénomanien). *Brion* (Maine-et-Loire, Cénomanien).

Berland (Charente, Cénomanien). Résine subfossile, *Rives du Congo*. *Catina* (Roumanie). *Sainte-Suzanne* (Basses-Pyrénées, Crétacé inférieur). *Rives de la Sarthe* (près Précigné, Cénomanien). *Maisons-Laffitte* (Éocène); *Rives du Dniéper* (environs de Kiev).

Spécimens d'ambre ayant donné des résultats négatifs. — *Sougraigne* (Aude) (Cénomanien), *Bata* (Congo) (Crétacé), *Ingarskila* (Finlande).

De cette longue série d'expériences il résulte que le temps est resté sans action sur les organismes vivants que l'ambre renfermait au moment de sa formation et que ceux-ci ont résisté à sa fossilisation. Il est infiniment probable qu'ils vivront autant que l'ambre lui-même et peut-être plus longtemps encore (1).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la chloropicrine sur les plantes supérieures.* Note de M. **Gabriel Bertrand**, présentée par M. Roux.

Les résultats intéressants que viennent de publier MM. Guérin et Lormant (2), au sujet de l'action exercée par le chlore et diverses vapeurs sur les plantes vertes, m'engagent à faire connaître dès aujourd'hui quelques-uns des résultats que j'ai obtenus dans la même direction en étudiant, d'une manière spéciale, les effets de la chloropicrine.

Mes expériences ont porté sur des arbres et des arbrisseaux, comme le poirier, l'orme, le peuplier, le lilas, la vigne, le fusain du Japon, le laurier-cerise, etc. et sur des plantes herbacées, annuelles, bisannuelles ou vivaces, comme l'avoine, le chou, le trèfle, le mélilot, l'aspérule odorante, etc.

Des tiges ou des rameaux feuillés de ces diverses plantes ont été, aussitôt coupés, plongés par leur partie inférieure dans de petits flacons remplis d'eau et soumis ensuite, durant 10 à 30 minutes, quelquefois davantage, à l'action d'une atmosphère titrée de chloropicrine. La proportion de substance active a varié, suivant les expériences, depuis 1^g jusqu'à 200^g par mètre cube.

Comme on pouvait s'y attendre, les effets ont été différents suivant la dose, la durée du contact et l'espèce végétale considérée. En général, voici ce qu'on observe quand on traite les plantes par la chloropicrine à l'obscurité, entre 15° et 20°, et qu'on les place ensuite sur la table du laboratoire, près d'une fenêtre.

---

(1) Ce travail a été exécuté avec la collaboration de Mme G. Souffland.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 401.

Aux doses les plus fortes, les feuilles sont tuées rapidement et en quelque sorte fixées : au lieu de se ramollir, de se faner et de tomber, comme on le verra plus loin, elles conservent à peu près leur forme primitive, jusqu'à dessiccation complète sur les rameaux.

A des doses plus faibles, de quelques dizaines de grammes par mètre cube, on observe surtout les effets d'une forte plasmolyse : des gouttelettes peuvent même sourdre à la surface des feuilles (par exemple avec le fusain du Japon, à partir de 20g par mètre cube). La coloration verte fait place à une teinte d'abord plus foncée et plus bleue, devenant parfois verte avec un fond rougeâtre ou même entièrement rougeâtre, comme dans la coloration automnale (peuplier, poirier). Ensuite, les feuilles se ramollissent, deviennent jaunes, brunes ou noires, selon les espèces, se recroquevillent et tombent.

Lorsque la dose est encore plus petite, de l'ordre de quelques grammes par mètre cube, l'action dominante est toujours une plasmolyse, mais les effets sont plus tardifs et plus atténués. Les feuilles n'apparaissent touchées que plusieurs heures et même plusieurs jours après leur sortie de l'atmosphère toxique. On voit très souvent alors se former, principalement à partir de l'extrémité libre et des bords, des points ou de petites taches brunes, dont le nombre et l'étendue augmentent avec le temps. Dans tous les cas, les feuilles se flétrissent et, presque toujours, se détachent. Ces effets rappellent ceux du froid et des anesthésiques.

Enfin, avec les plus petites doses, une faible action peut encore se manifester, réduite à la chute tardive des feuilles, sans changement appréciable de la couleur ni, pour ainsi dire, de la turgescence ([1]).

Un indice à peu près constant et très sensible de la plasmolyse provoquée par la chloropicrine est le dégagement de substances odorantes, dû sans doute, dans la plupart des cas, à la réaction de diastases diverses (hydrolases, oxydases, etc.) sur des glucosides. C'est ainsi que j'ai noté l'odeur d'amande amère et la production d'acide cyanhydrique (déjà signalée par MM. Guérin et Lormant) avec le laurier-cerise; l'odeur de foin coupé, liée à la formation de coumarine, avec le mélilot, l'aspérule odorante et l'ageratum. Le poirier dégage une odeur douce très agréable, le trèfle une odeur herbacée, le chou une odeur rappelant l'huile de colza. Dans le cas de la marguerite dorée, les fleurs prennent une odeur de pomme et les feuilles celle d'essence de synanthérée, etc.

([1]) Les tiges, dans leur partie herbacée, subissent les mêmes effets que les feuilles, mais à un degré moindre.

Une constatation importante et plutôt inattendue est que les feuilles jeunes sont moins sensibles que les adultes. Aussi voit-on souvent, aux plus petites doses encore actives, les feuilles tomber les unes à la suite des autres, à partir des plus anciennes jusqu'à celles de l'extrémité des rameaux. Parfois, les dernières subsistent encore ou seulement les bourgeons terminaux, surtout quand ceux-ci sont tant soit peu protégés par les feuilles les plus jeunes. Ainsi, pour donner quelques exemples numériques : avec le fusain du Japon, les bourgeons terminaux sont restés vivants, toutes les feuilles étant tombées, après un séjour de 10 minutes dans une atmosphère à 20^g par mètre cube, de 10 à 20 minutes dans une atmosphère à 10^g ou de 20 à 30 minutes dans une atmosphère à 5^g; avec le lilas, les bourgeons et les plus jeunes feuilles ont encore résisté après un séjour de 20 à 30 minutes dans une atmosphère à 5^g et avec le peuplier de 10 minutes dans une atmosphère à 10^g. Les plantes herbacées sont en général plus sensibles, cependant le mélilot a montré une résistance tout à fait semblable à celle du peuplier.

D'après ces résultats, il est donc possible, à la rigueur, de se servir de la chloropicrine pour débarrasser un végétal de tous ses parasites foliaires sans le faire périr. Quelques jours après le traitement, comme je m'en suis assuré dans plusieurs cas, les bourgeons inaltérés se développent et le végétal se couvre de nouvelles feuilles.

M. **Georges de Bothezat** adresse une Note intitulée : *Sur une possibilité du calcul de la vitesse absolue du système solaire.*

La séance est levée à 16 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AVRIL 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Paternò*, Correspondant de l'Académie, professeur de Chimie à l'Université de Rome, et à M. *Constantin D. Zenghelis*, professeur de Chimie à l'Université d'Athènes, qui assistent à la séance.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'éruption de la Katla (Islande) en* 1918. Note de M. **A. Lacroix**.

Vers le milieu d'octobre 1918, le volcan de la Katla, silencieux depuis 1860, est entré en violente éruption. Le 12 mai, peu après midi, à la suite d'une légère secousse de tremblement de terre (1), une énorme colonne de cendres incandescentes s'élevait au-dessus du glacier de Mýrdal (Mýrdalsjökull); elle était visible de tous les points de l'île, dans un rayon de 200^{km} à 300^{km}.

Dans la matinée du 13, à Reykjavik, situé à 170^{km} du volcan, la chute de cendres était si épaisse que le ciel en était obscurci; l'épaisseur de la cendre tombée sur cette ville a été de $0^{mm},04$ et du double le 30 octobre (2).

L'éruption explosive dura jusqu'au 2 novembre (3). Comme tous les

---

(1) Au cours de cette éruption, les flancs du volcan ont été agités par des tremblements de terre. Dans le Mýrdalur, secousses légères le 16 octobre, très violentes le 24 (à $6^h 30^m$ et $9^h 30^m$), le 28, etc.

(2) M. Samuel Eggertsson évalue le cube des cendres tombées pendant l'éruption, dans un rayon de 1000^{km}, à $698\,220\,000^{m^3}$.

(3) Des explosions particulièrement violentes ont eu lieu les 22, 23 et 24 octobre.

grands paroxysmes d'Islande, elle fut signalée par de terribles débâcles de glace (jökulhlaupt) entraînant d'énormes pans de glacier [1].

M. le Ministre des Affaires étrangères ayant communiqué à l'Académie ces renseignements, extraits d'une dépêche du vice-consul de France à Reykjavik et accompagnés de divers documents, je l'ai prié de vouloir bien demander en Islande un supplément d'information, ainsi que des produits de l'éruption. Ces documents viennent de me parvenir; ce sont des cendres, recueillies le 13 octobre dans la capitale islandaise, et d'autres, ramassées dans le cratère même du volcan par M. Pall Sveinsson, professeur au lycée de Reykjavik et président de l'Alliance française.

Celui-ci a été le premier à pénétrer jusqu'au cratère de la Katla. Le récit de son expédition est joint aux échantillons qu'il a recueillis. Je suis redevable à M. Ch. Rabot de la traduction d'informations contenues dans des publications islandaises et danoises [2] qui complètent ces divers documents.

Le volcan de la Katla est situé à une cinquantaine de kilomètres au sud-ouest de l'Hécla, dans la partie est-sud-est du Mýrdalsjökull, l'une des grandes coupoles glaciaires de l'Islande méridionale et dont la superficie atteint un millier de kilomètres carrés.

La distance séparant ce glacier de la côte varie entre 10^{km} et 20^{km}, et dans l'intervalle se trouvent (en allant de l'Ouest à l'Est) les paroisses d'Eyjafjöll, de Mýrdalur, d'Alftaver et de Medalland. Entre Mýrdalur et Alftaver, c'est-à-dire au sud-est du glacier, se développe le Mýrdalsandur, désert de sable de 550^{km^2}, accumulé par les débâcles glaciaires qui accompagnent les paroxysmes du volcan.

Le Mýrdalsjökull proprement dit (partie sud-est du grand glacier) est surmonté dans ses parties nord-ouest et sud-ouest par deux coupoles de glace dont l'altitude est de 1500^m à 1600^m; entre ces deux coupoles, il

---

(1) Un raz de marée a été signalé le 12 octobre à Vík, sur la côte au sud du volcan; la mer s'est retirée tout d'abord, en laissant à sec des rochers qui ne découvrent pas aux grandes marées, puis elle est revenue progressivement à son niveau normal; c'est la marche des mouvements de la mer qui, en 1902, ont accompagné les grandes explosions de la montagne Pelée. Plus tard, plusieurs grosses ondes ont déferlé contre la côte, venant de l'Est, alors que la houle arrivait du Sud (Thoroddsen).

(2) P. Sveinsson, *Kötlugosid*, 1918; Reykjavik, 1919; 61 pages. — Gudgeir Jóhannsson, *Kötlugosid*, 1918; Reykjavik, 1919; 72 pages. Ces deux Mémoires ont été résumés par Th. Thoroddsen, *Vulkanen Katla og dens sidste Udbrud*, 1918 (*Geografisk Tidskrift*, Copenhague, 25 B., Heft IV, 1919).

existe une grande cuvette ([1]) ayant une quarantaine de kilomètres de surface et au fond de laquelle ([2]) s'ouvre le cratère de la Katla ([3]). M. Pall Sveinsson a atteint celui-ci par la coupole nord-est, dont les flancs extérieurs étaient couverts par $0^m,50$ de cendres, alors que, grâce à l'action du vent, son sommet était libéré de produits volcaniques. Les flancs s'inclinant vers le cratère étaient recouverts par une couche solide d'au moins $0^m,75$ de cendres fines de couleur noire cachant la glace. M. Sveinsson a trouvé de nombreuses crevasses au fond de cette cuvette; celle qui constitue le cratère mesure de 500^m à 800^m sur 40^m, avec une profondeur d'environ 25^m. Sur un fond horizontal, dépourvu de glace ([4]), qui n'a pu être atteint, se voyait de l'eau courante (froide?); l'explorateur n'a observé ni fumerolles, ni produits de sublimation, mais seulement une boue d'un jaune brun dont un échantillon, recueilli sur le bord d'un ruisselet, m'a été envoyé. Par lévigation, j'en ai extrait une partie légère, jaune, riche en limonite, provenant de l'altération (probablement par des vapeurs acides) d'une partie lourde constituée par de la cendre noire, semblable à celle recueillie sur la glace ([5]).

Les débâcles ont ouvert dans le glacier deux ravins profondément encaissés; l'un se dirige vers le Sud; il a formé un courant qui est passé à l'ouest de l'Hafursey, puis de l'Hörleifshöfdi pour se jeter à la mer en menaçant le petit port de Vík. L'autre est orienté vers l'Est; le courant qui l'a suivi s'est en partie dirigé vers le Sud et le Sud-Est, passant à l'est de l'Hafursey; il a ravagé une partie de la Skaftártunga, puis l'Alftaver et le Meddeland. Ces courants torrentiels, animés d'une vitesse énorme, ont entraîné des monceaux de glace ([6]) jusqu'à 30^{km} au large; leurs matériaux pierreux ont édifié sur la côte un vaste promontoire qui est rapidement

([1]) M. Sveinsson a remarqué sur le flanc intérieur des deux coupoles des rochers perçant le glacier.

([2]) D'après des indications recueillies de la bouche de personnes connaissant le glacier, il résulte qu'avant l'éruption l'emplacement du cratère actuel était occupé par de la glace qui, depuis l'éruption de 1860, avait progressivement atteint le niveau des deux coupoles.

([3]) Les 20 octobre et 3 novembre, on vit distinctement du sud du Mýrdalsjökull s'élever du volcan deux colonnes distinctes de vapeur, ce qui semble indiquer l'existence de deux bouches d'explosion.

([4]) Cette ascension du volcan a été effectuée le 2 septembre 1919.

([5]) Elle renferme une petite quantité de sulfate de calcium et de chlorure de sodium.

([6]) Le volume de la glace entraînée par la débâcle du 12 octobre et écoulée par le chenal de l'Est, a été estimé à $1^{km^3},5$. La quantité de glace charriée à l'est de l'Ha-

rongé par la mer. C'est la reproduction, dans leurs moindres détails, des phénomènes secondaires de l'éruption de 1860.

Il résulte des renseignements recueillis sur l'éruption de 1918 que celle-ci a été exclusivement explosive. Elle n'a été accompagnée d'aucun épanchement de lave et tel semble avoir été le caractère des treize éruptions antérieures, signalées dans ce volcan depuis la période historique (1) [894, 934, 1245, 1262, 1311, 1416, 1580, 1625 (2), 1660, 1721, 1755, 1823, 1860].

Le caractère exclusivement explosif de ce volcan est d'autant plus intéressant à signaler que la Katla se trouve à proximité des grandes fentes de l'Eldgja et du Laki de l'éruption fissurale de 1783 (3), célèbre par les torrents de lave fluide qu'elle a déversée. Cette particularité rendait intéressant l'examen chimique comparatif des cendres de 1918 et de la lave de 1783, afin de savoir s'il existe une différence de composition permettant de discuter le régime différent de ces deux centres volcaniques, dans le cas où le caractère explosif constant de la Katla ne serait pas dû à la position de son orifice sous l'énorme masse de glace du Mýrdalsjökull. Mais l'Islande étant actuellement couverte d'une épaisse couche de neige, M. Sveinsson m'a demandé jusqu'à l'été pour recueillir les documents nécessaires à cette comparaison. Il m'a paru néanmoins intéressant de publier dès à présent l'analyse chimique des cendres de 1918 qui a été faite par M. Raoult.

Ces cendres sont le résultat d'explosions vulcaniennes; ce sont de petits fragments anguleux de verre noir, peu ou pas bulleux, se montrant, en lames minces, homogène et à peu près complètement dépourvu de cristallisation.

L'analyse *a* [III.5.3(4).4] fournit des résultats presque identiques à ceux concernant un basalte sans olivine *b* (III.'5.3'.'4), récemment décrit par M. A. Holmes (4), qui renferme une petite quantité de silice libre vir-

---

fursey a été beaucoup plus considérable; des blocs de glace abandonnés sur le sable atteignaient 60^m de hauteur. La surface ravagée par les débâcles a été évaluée à 650^{km^2}.

(1) Th. Thoroddsen, *Oversigt over de islandske Vulkaners Historie* (Copenhague, 1882), et H. Pjeturss, *Island* (*Handb. d. region. Geol.*, Bd IV, 1910, p. 14).

(2) Les cendres de cette éruption ont été transportées par le vent jusqu'à Bergen, en Norvège.

(3) Cette fente, d'une longueur d'environ 30^{km}, est orientée Nord-Est et se termine au Merkurjökull, partie septentrionale du Mýrdalsjökull.

(4) *Mineralog. Magaz. London*, t. 18, 1918, p. 192.

tuelle et provient du Reydarfjord (Eskifjord); on y remarque en particulier la haute teneur en titane paraissant caractéristique du petit nombre des roches volcaniques basaltiques d'Islande, des Feroe et du Groënland, qui jusqu'ici ont été analysées.

	a.	b.
SiO^2	47,68	48,79
Al^2O^3	12,54	11,96
Fe^2O^3	3,44	2,51
FeO	12,34	12,10
MgO	5,25	5,60
CaO	9,58	10,15
Na^2O	2,43	2,40
K^2O	0,88	0,70
TiO^2	5,01	4,17
P^2O^5	0,23	0,37
V^2O^3	»	0,11
MnO	»	0,21
H^2O +	0,44	0,40
H^2O −	0,15	0,65
	99,97	100,59 (1)

ASTRONOMIE. — *Les instruments et les observations de Bailly au Louvre. — L'Observatoire de l'abbaye de Sainte-Geneviève, à Paris.* Note (2) de M. G. **Bigourdan.**

INSTRUMENTS DE BAILLY.

1. Une *lunette méridienne* de Canivet, de 4^{pi} de foyer; axe de 2^{pi}, tournant sur deux coussinets dont un est dans une entaille du mur et l'autre, appuyé sur une pierre de taille de 4^{pi} de hauteur « solidement scellée dans le plancher ». Bailly vérifiait la position de cette lunette par le moyen des hauteurs correspondantes.

2. Un « *quart de cercle* de l'Observatoire, de 3^{pi} de rayon », remis par Cassini III.

3. Un *quart de cercle* employé, à partir de 1759 décembre 6, pour les hauteurs correspondantes, et prêté par La Caille. Bailly y signale une faute dans la division du limbe, entre 11°10′ et 11°30′.

4. Un *sextant* de 6^{pi} de rayon, remis aussi par Cassini III, et qui avait alors un arc de 52°; Bailly y fit ajouter par Canivet un supplément de 15°,

(1) $CO^2 = 0,41$; $S = 0,06$.

(2) Séance du 6 avril 1920.

ce qui porta l'arc à 67°; mais il ne pouvait le vérifier ni à l'horizon, ni au zénith, cachés pour lui. Il s'en sert, dit-il, comme d'un quart de cercle.

5. Une *machine parallactique* de Canivet qui sans doute était sa propriété particulière, et sur laquelle il plaçait diverses lunettes. Il en fait usage dès le 30 novembre 1759; au besoin il la place du côté du Nord (p. 126 du registre, 1762 juin 4, et *Mém.*, 1763, p. 229).

6. Une *lunette* dont il donne accidentellement et très exactement le foyer : $3^{pi}\,2^{po}\,4^{li}\,\frac{1}{2}$; elle paraît lui appartenir; il en fait usage dès le mois de décembre 1759 avec un réticule rhomboïdal, dont La Caille détermina le champ (diagonale équatoriale), 1°6′56″.

7. Une *lunette* de $2^{pi}\,\frac{1}{2}$ qu'il emploie au Collége Mazarin en mars 1759 et qui peut-être appartenait à ce collége.

8. Une « nouvelle *lunette* de 2 pieds, garnie d'un réticule en lozange », qu'il utilise dès le 22 février 1760; plus tard il dit que le champ de ce réticule (évidemment la diagonale parallèle à l'équateur) a 2°34′24″.

9. Une *lunette* achromatique de 5^{pi} de foyer, 24^{li} d'ouverture, $gross^{t}$ 74, qu'il emploie en 1768-1771 pour les satellites de Jupiter.

10. Une *pendule* à secondes de Le Paute, qu'il utilise dès l'origine et qui paraît lui appartenir. Parfois le balancier frappe la boîte.

11. Une autre *pendule*, dite du « Cabinet ».

12. Un valet ou *compteur* à secondes, de qualité médiocre, et qu'on déplace quand les circonstances obligent à installer la lunette loin de la pendule à secondes.

13. Une *lunette fixe* « attachée à mon mur, dit Bailly, par des crampons très-solides ». Souvent elle est dirigée à la hauteur de Sirius. Elle avait au foyer une *lame* où l'on observait, évidemment sans éclairage, l'immersion et l'émersion des étoiles faibles, et un *fil*, éclairé sans doute, pour l'observation des étoiles brillantes.

14. Une *méridienne filaire* qui passe par le cabinet de Bailly; pour la régler, La Caille prend au Louvre des hauteurs correspondantes du Soleil, le 18 novembre 1759.

Les instruments 2 et 4 ne furent sans doute à la disposition de Bailly qu'après son élection à l'Académie des Sciences. Et Delambre (VI, 743) pense que le sextant 6 est un de ceux de La Caille.

Observations. — Les premières observations de Bailly sont celles qu'il fit en 1759 (mai) au Collége Mazarin sur la comète 1759 I (Halley).

En déterminant les éléments de l'orbite de cet astre (*Sav. Etr.*, V, p. 12)

il n'emploie cependant que des observations de La Caille, « n'étant pas encore, dit-il, assez exercé dans les observations astronomiques pour produire celles que j'ai faites comme des mesures exactes... ».

Il fit ensuite au Louvre quelques observations, demeurées inédites, des comètes 1759 II et 1759 III, puis de la comète de 1762 : celles de cette dernière comète sont dans *Mém. Acad.*, 1763, p. 229-234, avec les éléments déduits de trois de ses propres observations, et la comparaison de tous les lieux observés par lui aux lieux calculés.

Les autres observations qu'il fit au Louvre sont résumées pour la plupart dans *Mém. Acad.*, 1765 (p. 396-410) : ici il donne uniquement des oppositions de ♂, ♃ et ♄ (¹). A l'exception de l'opposition de Mars de 1764, il a rapporté les planètes aux étoiles voisines, avec la machine parallactique et un réticule rhomboïdal, « méthode indépendante de l'*aberration* des instrumens ». Dans l'opposition de Mars de 1764 il emploie au méridien l'instrument des passages et le sextant de 6 pieds de rayon; et c'est encore de la même manière qu'il observe l'opposition de Jupiter en 1768 (p. 415-417).

Quoiqu'il ne le dise pas explicitement, c'est sans doute au Louvre qu'il fit celles de ses observations de satellites de Jupiter (1768-1771) qu'il discute dans un travail sur l'emploi des diaphragmes (*Mém. Acad.*, 1771, p. 580-667). Nous ne connaissons d'ailleurs pas d'autres observations faites là ultérieurement, de sorte que l'observatoire qui nous occupe ne fut utilisé que pendant 11 à 12 années, et même d'une manière peu active.

Dans la suite Bailly ne fit plus que quelques observations accidentelles (²); déjà, sans aucun doute, il devait être absorbé par la préparation de son *Histoire*, car il fit paraître en 1775 son premier volume, relatif à l'Astronomie ancienne (³).

(¹) ♂ : 1763, 1762, 1764. — ♃ : 1760, 1761. — ♄ : 1760, 1761, 1762.

(²) Voici la liste de ces observations :

1773 septembre 30 : *Ecl.* de ☾ et anneau de ♄ observés à La Muette (p. 241).

1776 juillet 30 : *Ecl.* ☾, (p. 431) observée dans l'appartement de Jeaurat à l'Observatoire royal, avec une lunette achromatique travaillée par Rochon (gross^t 100; aide : abbé Briquet).

En juin 1769 il avait observé aussi à La Muette (p. 531) le *passage de Vénus* et l'*éclipse* de Soleil du lendemain.

Mentionnons enfin deux observations inédites d'*éclipses* de Lune : celle du 22 novembre 1760 au collège Mazarin (p. 80) et celle du 7 mai 1762 au Louvre (p. 124).

(³) Rappelons que c'est au Louvre également, au Jardin de l'Infante, que furent faites en 1774 des expériences avec un grand verre ardent (*Mém. Acad.*, 1774, H. 1

L'Observatoire de l'abbaye de Sainte-Geneviève. — Cet Observatoire fut bâti pour Pingré, qui a été à peu près seul à l'utiliser; aussi son histoire se confond en majeure partie avec celle des observations, peu nombreuses, que cet astronome a faites à Paris. Or Pingré fut surtout un calculateur et un érudit, ce qui s'explique aisément, parce qu'il s'adonna tard à l'Astronomie, après s'être livré longtemps à l'enseignement. D'ailleurs il était très myope et peu leste, dit Delambre, qui ajoute : il était « un observateur peu adroit ».

Donnons d'abord quelques détails sur sa vie :

Alexandre-Guy Pingré naquit à Paris le 4 septembre 1711. Il fit ses études à Senlis, chez les chanoines réguliers de la Congrégation de France, ordinairement appelés *Génovéfains*, et entra dans cette congrégation en 1727, à l'âge de 16 ans; dès l'âge de 24 ans il fut chargé d'enseigner la théologie.

Les idées jansénistes divisaient alors les Génovéfains, et Pingré, qui les avait adoptées, fut parmi les opposants au Chapitre général de 1745. Mis alors à l'enseignement des humanités, il fut envoyé successivement à Châtillon-sur-Sèvre en Poitou (1729), à Foix, à Saint-Antonin-de-Rouergue (1737), à La Couronne (1742), à Chartres, etc. En 1748 il se trouvait à Rouen, lorsque Le Cat fonda l'Académie de cette ville et y appela Pingré. Cette Académie n'ayant pas d'astronome, Pingré accepta d'en remplir la place, et c'est ainsi qu'à l'âge de 38 ans il commença de s'occuper d'Astronomie.

Il fit à Rouen diverses observations, et l'Académie des Sciences de Paris le nomma Correspondant astronome le 12 mai 1753.

Peu après, il fut appelé à Paris pour exercer les fonctions de bibliothécaire à Sainte-Geneviève; et en 1770 il devint chancelier de l'Université, charge qui était pour une partie à la nomination de l'abbé. Déjà en 1756, le 31 mars, l'Académie des Sciences l'avait nommé *Associé libre*, seul titre alors compatible avec celui de membre d'une congrégation religieuse.

Chargé d'observer les deux passages de Vénus du XVIIIe siècle, en 1761 il se rendit à l'île Rodrigue (Océan Indien), puis en 1769 au cap François (île Saint-Domingue); ici il fut conduit par l'*Isis*, commandée par Eveux de Fleurieu. Il fut en outre de deux voyages pour l'épreuve des montres marines, celui de l'*Aurore*, avec Messier (1767) et celui de la *Flore* (1771) avec Verdun de la Crenne et Borda.

Outre l'astronomie, il cultiva aussi la botanique et même la poésie. On verra plus loin qu'il ne fit que des observations accidentelles, mais il se livra aux calculs avec ardeur et succès : ce fut d'abord pour créer une nouvelle éphéméride, l'*État du ciel*, assez analogue à la *Connaissance des Temps*, mais destinée spécialement à faciliter aux navigateurs la détermination des longitudes par la Lune; il corrigeait les coordonnées

---

et M. 62-72). Ces expériences étaient la suite de celles de Buffon (*Mém. Acad.*, 1747, p. 82-101, et 1748, p. 305-312), de Dufay (1726, p. 165-174), de Homberg (1715, H. p. 90), etc.

tabulaires de cet astre au moyen du saros de Halley, comme Le Monnier son maître, et donnait la préférence à la méthode des angles horaires; mais après 4 volumes (années 1754-1757), il cessa ce travail, qu'il voyait inutilisé, donc sans utilité.

C'est peu après, en 1759, qu'il trouva véritablement sa voie, en calculant de nombreuses orbites de comètes, ce qui était assez nouveau en France. Dans la suite il composa sa *Cométographie*, très utile encore aujourd'hui, et celle de ces œuvres qui perpétuera le plus son nom.

Il fit aussi de nombreux calculs pour déterminer la parallaxe du Soleil par les passages de Vénus de 1761 et de 1769, et s'arrête à la valeur 8″,8.

Nous avons vu qu'il était très attaché au Jansénisme; en 1761 il se fit affilier à la franc-maçonnerie, et dans ses papiers (manuscrits de Sainte-Geneviève) on trouve des poésies et des discours maçonniques. La Nux, membre du conseil supérieur de l'île Bourbon et qui découvrit la comète de 1758, lui écrivait en 1776 pour solliciter son appui en vue de la création d'une loge dans cette colonie.

A la fondation de l'Institut, Pingré fut élu membre résident de la Section d'Astronomie de la première classe (18 frimaire an IV = 1795 décembre 9) et il mourut peu après à Paris, le 13 florial an IV (1796 mai 2).

Pour de plus amples détails sur sa vie et ses travaux, voir son *Éloge* ou sa *Vie* par Prony (*Mém. Inst.*, Sc. math et phys., t. 1, p. xxvj-xlvj), — par Ventenat (*Mag. Encyclop.*, 2e année, 1796, t. 1, p. 342-356, ou *Mercure français*, t. 22, p. 217-231), — par Lalande (*Bibliogr.*, p. 773-778), — par Delambre (VI, p. 664-687), — par l'abbé P. Ferret (*L'Abbaye de Sainte-Geneviève et la Congrégation de France*, 2 vol. in-8°, 1883, t. 2, p. 333-347).

Voici les principaux ouvrages séparés de Pingré :

État du ciel... pour les années 1754-1757, 4 vol., 1754-1757.

Mémoire sur la colonne de la halle aux blés... Paris, 1764; in-8°.

Mémoire sur le choix et l'état des lieux où le passage de Vénus du 3 juin 1769 pourra être observé... Paris, 1767; in-4°.

Journal du voyage de M. le marquis de Courtanvaux... mis en ordre par M. Pingré... Paris, 1768; 1 vol. in-4°.

Manilius, traduction française, 2 vol. in-8°. Paris, 1786.

Chronologie des éclipses qui ont été visibles depuis le pôle boréal jusqu'à l'équateur, pendant les dix siècles qui ont précédé l'ère chrétienne. Paris, 1787; 1 vol. in-4° (Extrait du Tome 42 des *Mémoires de l'Acad. des Inscrip. et Belles-Lettres*).

Cométographie ou Traité historique et théorique des Comètes. 2 vol. in-4°; Paris, 1783-1784.

Annales célestes du XVIIIe *siècle*. Paris, in-4°, 1901 (publié par G. Bigourdan).

Les manuscrits de Pingré, auxquels nous aurons à renvoyer, se trouvent à la Bibliothèque Sainte-Geneviève; voici leurs numéros (en chiffres GRAS), d'après le Catalogue de Ch. Kohler (2 vol., 1893-1896) : les numéros marqués d'un astérisque (*) contiennent des matières religieuses.

164*. — 307*. Pièces maçonniques — 529. — 530. Rapport de Bory et Bezout à l'Acad. r. de marine, le 30 juillet 1778, sur le voyage fait en 1771-72 par MM. Verdun de la Crenne, Borda et Pingré. — 531-532. Calculs et Notes. — 533. Journal aut. de la *Flore*, 1771-72. J. aut. de la vérific. de la mesure de la Terre, de 1756. — 534. J. du voy. de l'*Aurore*. — 750*. Notes sur le voyage de l'*Isis*. — 760. Comptes personnels. — 945. Livre des chanceliers de l'Université; 1770-1778 pour Pingré. — 968. Ancien cat. des mss. de Sainte-Geneviève. — 971-979. Ancien cat. des imprimés de la même bibl. — 1001. 4 (fol. 6). Lettre de MM. Pingré et Viallon aux « citoyens administrateurs de la régie des biens nationaux », demandant à n'être pas déplacés des logements qu'ils occupent dans la ci-devant abbaye de Sainte-Geneviève, 10 décembre 1793. — 1079. *Cométographie*. Brouillon de l'Ouvrage paru sous ce titre en 1783; 2 vol. in-4°. — 1080. Mém. et calculs sur la comète de 1757. — 1081. Notes et calculs sur diverses comètes du IXe au XVIIIe siècle. — 1082. Additions et corrections à sa *Cométographie*. Lettres maçonniques. — 1083. Dissertation sur les comètes. — 1084. Notes géographiques. — 1085. Obs. et lettres adressées de l'île de la Réunion à Pingré par de La Nux, père et fils, 1755-1784. — 1093. Musique. — 1174*. Trois épitaphes en l'honneur de Pingré. — 1175. Obs. du pass. de Vénus 1761; essai d'horloges marines; obs. astron. (fol, 32, 35, 60, 86, 107). — 1179*. — 1256*. Chronologie et comput. — 1312*-1313*. — 1318*-1319*-1320*.

1529*-1530*. — 1536. — 1619*. — 1803. « Relations de mon voyage de Paris à l'île Rodrigue », novembre 1760 à mai 1762. Portraits littéraires de divers personnages. — 1804. « Voyage à Rodrigue ». Nouvelle rédaction faite d'après celle du vol. précédent, etc. — 1805. Journaux des voyages de l'*Aurore*, mai-août 1767; de l'*Ambition*, octobre 1768-décembre 1769; Second voyage aux îles de l'Amérique, septembre 1771-novembre 1772. — 1806-1809. Voyage de Verdun, Borda et Pingré (1771 oct. 29-1772 oct. 8). — 1810. Calculs astron. faits à l'île Rodrigue. — 1812. Obs. astron. et mét. faites à Sainte-Geneviève (janvier 1756-janvier 1795). — 1821. Communications de Pingré à l'Académie des Sciences. — 1822-1823. Notes diverses de géographie. Calculs sur la situation géogr. de Pékin. — 1977. Opuscules de Pingré et documents à lui relatifs : diplôme de chancelier de l'Université de Paris pour l'abbaye; passeports; livre de comptes, reçus de fournisseurs. Notices généalogiques sur sa famille, etc. — 2161. Documents sur la bibliothèque de Sainte-Geneviève. — 2311. *Cométographie*, première rédaction. — 2312-2313. Papiers scientifiques, calculs de passages, d'éclipses. — 2319. Note de La Nux sur une comète aperçue le 26 juin 1770. — 2320. Notes et calculs d'astron. — 2321. Notes et mém. sur l'astron.; description d'une aurore boréale 1752 octobre 13-14; choix des stations du pass. ♀ 1769; sur la par. du Soleil; cométographie; sur l'aiguille aimantée. — 2324. Calculs sur les comètes particult celles de 1759 à 1766. Note de Messier sur la comète de 1766. — 2325. — Voyage de la *Flore*. — 2332-2333. — 2334. Mélanges d'astr. de P.-S. Laplace, dont 3 lettres à Pingré. — 2335. Mélanges d'astr. de La Caille, P. Ch. Le Monnier, Messier provenant des papiers de Pingré. — 2337. Lettre de N. Struyck sur la comète de 1760. — 2339. Abrégé de gnomonique. — 2340-2341. Mélanges sur les comètes. — 2342. — Mélanges astr. et géogr. principalement relatifs au voyage de la *Flore*, de la *Légère*, de l'*Aurore* et de l'*Isis*. — 2370-2384. Musique, etc. Le n° 2373 contient une lettre

adressée à *Sirius*, qui est sans doute le pseudonyme de Pingré. Le correspondant s'appelle *Aldébaran*. — 2453. Traduction des *Astronomiques* de Manilius. — 2484. Poésies diverses de Pingré. Obs. de la comète de 1781. — 2540. Opuscules ; discours latin prononcé par Pingré à Louis-le-Grand, février 1760, alors qu'il postulait la charge de chancelier de Sainte-Geneviève (fol. 9) ; rapport sur un mém. de Rochon, intitulé *Réfutation d'une lettre de M. d'Après* (fol. 38), relative à une nouvelle route de l'Ile de France à Pondichéry ; obs. de Hornsby à Oxford (juin 1769). — 2541. Lettres adressées à Pingré par sa cousine Julie Duval (1782), par un chanoine de Senlis qui signe *Aldébaran* et donne à Pingré le nom de *Sirius* (1756-1759), etc. Brouillon de lettre de Pingré au cardinal de Luynes touchant la *Connaissance des Temps* rédigée par Lalande. Note à Le Monnier et sa réponse. Lettre de Verdun à Le Monnier. — 2549. — 2551. Correspondance scientifique et maçonnique de Pingré ; lettres à lui adressées de 1722 à 1790, par d'Après (fol. 16), Bonnet (fol. 35), de Boynes (fol. 12), G. Dagoty père (fol. 43), Dulague (fol. 3), chev. Englefield (145), de Goimpy (7, 9), Grivart (29), de La Nux, père et fils (49-141), P. Levêque (24), O. Lourde-Martignac (148-155), De Reine (46), Rostan (3), de Sainte-Croix (147), T. de la Boissière (144), Verdun de la Crenne (18, 20, 22). Il y a aussi quelques brouillons de lettres de Pingré. — 2632*, 2641*. — 3008-3010. Journal des obs. de Courtanvaux, Messier et Pingré sur l'*Aurore*. — 3031. Deux traités de Pingré, sur les devoirs et la réception des frères maçons. — 3189. Abrégé de syntaxe grecque. — 3190. Index alphab. de Virgile. — 3216. Pingré. Poésies diverses, chansons.

THERMODYNAMIQUE. — *L'équation d'état de l'éther.* Note (1) de M. E. Ariès.

Les formules tirées de notre équation d'état déterminent à toute température, par les données de l'expérience, la valeur de chacune des trois fonctions φ, α et β qui figurent dans cette équation. Cette remarque ouvre une méthode sûre pour arriver à trouver des formules empiriques qui représentent ces fonctions avec une approximation suffisante. Le degré de cette approximation dépendra naturellement du nombre des coefficients constants qui entreront dans les formules choisies. On peut donc affirmer, dès maintenant, que notre équation d'état est apte à représenter les propriétés thermiques des fluides, au moins quand ces fluides sont pris à l'état de saturation, quitte à vérifier ensuite, comme nous aurons à le faire, si elle représente aussi bien ces propriétés en dehors de l'état de saturation.

Mais ce qui paraît très simple en théorie, ne manque pas de présenter dans la pratique quelques difficultés assez sérieuses, tenant à diverses causes,

(1) Séance du 6 avril 1920.

sur lesquelles nous n'insisterons pas aujourd'hui, et qui se sont manifestées, quand nous avons voulu, conformément à ce que nous avons annoncé dans notre dernière Communication ([1]), entreprendre, pour l'éther, la recherche des trois fonctions φ, α et β.

Sur les cinq formules concernant l'état de saturation, il y en a trois, celles qui donnent la tension P de vapeur, la chaleur L de vaporisation et la différence $v_1 - v_2$ des volumes moléculaires du fluide pris dans ses deux états de saturation, qui ne font intervenir que la fonction φ et la somme $\alpha + \beta$ des covolumes. Les deux autres formules qui donnent séparément les volumes v_1 et v_2 font intervenir, en outre, la fonction α.

Le premier problème à résoudre était de déterminer tout d'abord les fonctions φ et $\gamma = \alpha + \beta$, par application des trois formules ci-dessus rappelées. C'est le résultat de cette étude que nous présentons aujourd'hui, réservant pour une nouvelle étude la détermination de la fonction α par application des deux formules qui donnent v_1 et v_2.

La simplicité des calculs est une condition très désirable, que nous avons cherché à remplir; aussi, avons-nous admis que les fonctions à déterminer ne devraient comporter que trois coefficients numériques. Ces fonctions ne sont pas d'ailleurs φ et γ, qu'il y a intérêt à remplacer par deux autres équivalentes, et dont les variations plus régulières avec la température se prêtent mieux au choix de la forme qui leur convient.

Pour l'éther, la fonction φ ne peut, comme pour tant d'autres corps, être représentée avec assez d'exactitude par l'équation

$$(1) \qquad \varphi = \frac{K}{T^n} = \varphi_c \frac{1}{\tau^n} = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_c^2}{P_c} \frac{1}{\tau^n},$$

à moins d'y considérer l'exposant n comme une fonction de la température, fonction que nous pouvons remplacer elle-même par la fonction Φ, plus favorable à nos recherches,

$$(2) \qquad \Phi = \tau^{n+1} = \frac{\varphi_c}{\varphi} \tau$$

et qui devient égale à l'unité, à la température critique, pour $\tau = 1$.

De même, nous substituerons à la détermination de la fonction $\gamma = \gamma_c \Gamma$ la détermination de la fonction x qui en dépend par la relation connue

$$(3) \qquad x = \Gamma \tau^{n+1} = \Gamma \Phi.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1140.

Les formules applicables à l'état de saturation, et indiquées dans notre dernière Note, deviennent alors

$$\Pi = \frac{P}{P_c} = \Phi\tau\frac{Z}{x}, \tag{4}$$

$$v_1 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\Phi}(a + y_1), \tag{5}$$

$$v_2 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\Phi}(a + y_2), \tag{6}$$

$$v_1 - v_2 = \frac{RT_c}{8P_c}\frac{x}{\Phi}(y_1 - y_2), \tag{7}$$

$$\frac{L}{RT} = (y_1 - y_2)\left[\frac{1 + \tau\frac{\partial}{\partial\tau}\log\Phi}{8}Z + \frac{\tau\frac{\partial}{\partial\tau}\log x}{y_1 y_2}\right]. \tag{8}$$

Les formules (4), (7) et (8) qui donnent la tension de vapeur P, la différence des volumes moléculaires $v_1 - v_2$ et la chaleur de vaporisation ne dépendent que des fonctions Φ et x; car Z, y_1 et y_2 sont des fonctions de x, déterminées par la Table de Clausius, pour chaque valeur de x.

Réciproquement, les formules (4) et (7) déterminent, à chaque température τ, les valeurs de Φ et de x, quand on connaît, à cette température, la tension de vapeur et la différence $v_1 - v_2$.

On tire, en effet, de ces deux formules la valeur de $Z(y_1 - y_2)$

$$Z(y_1 - y_2) = \frac{8P(v_1 - v_2)}{RT_c\tau} = \frac{8P(v_1 - v_2)}{RT}, \tag{9}$$

qui donne, par la Table de Clausius, les valeurs de x et de Z, d'où l'on déduit, par la formule (4), la valeur de Φ.

Avec les données fournies par M. S. Young pour l'éther [1], nous avons calculé par ce procédé les valeurs des fonctions x et Φ, de dix en dix degrés, depuis 0° C. jusqu'à la température critique 193°,8, pour laquelle $x = \Phi = 1$. Ces valeurs, qui vont en croissant régulièrement avec la température, nous ont servi de base pour arrêter la forme des deux fonctions et les valeurs numériques des constantes qui doivent y figurer.

Nous avons obtenu une représentation convenable des fonctions x et Φ par deux expressions de même forme qui ne diffèrent que par les valeurs des constantes, et qui sont

$$x = \tau^{\Theta_1} \quad \text{avec} \quad \Theta_1 = A_1 + B_1\tau + C_1\tau^2, \tag{10}$$

$$\Phi = \tau^{\Theta_2} \quad \text{avec} \quad \Theta_2 = A_2 + B_2\tau + C_2\tau^2, \tag{11}$$

---

(1) *Proceedings of the Royal Dublin Society*, june 1910, p. 429.

les valeurs numériques des constantes étant

(12) $A_1 = 1,8193$, $B_1 = -1,5034$, $C_1 = 1,6667$;

(13) $A_2 = 7,4854$, $B_2 = -10,5251$, $C_2 = 5,1674$.

Les valeurs de P et de $v_1 - v_2$ qu'on déduit, par les formules (4) et (7), de ces expressions de x et de Φ, sont consignées dans le Tableau suivant, en regard des valeurs données par M. S. Young. En général, les valeurs calculées de la tension de vapeur s'approchent à moins de $\frac{1}{200}$ de celles indiquées par le savant anglais. L'approximation est moins grande pour les valeurs de $v_1 - v_2$, à mesure que la température s'élève, et n'atteint même plus $\frac{1}{100}$ à partir de 170° jusqu'à la température critique. Mais il convient de remarquer que les valeurs de v_1 et de v_2, données par M. S. Young, ne sont plus, comme pour la tension de vapeur, des valeurs directement *observées*. Elles présentent, sans doute, certaines garanties, mais qui peuvent parfois faire défaut, dans une notable mesure, principalement au voisinage de l'état critique.

Éther.

($T_c = 193,8 + 273,1 = 466,9$, $P_c = 2706^{cm}$, $\mu = 74,08$, $R = 0,0821$.)

Température centigrade.	Tension de la vapeur saturée.		Différence des volumes moléculaires du fluide saturé.	
	Form. (4).	S. Young.	Form. (7).	S. Young.
°	c			
—10	11,08	11,23		
0	18,34	18,49	90,7790	89,4621
10	28,99	29,08	58,9240	58,4950
20	44,08	43,98	39,6160	39,5075
30	64,77	64,76	27,5931	27,5708
40	92,31	92,10	19,7177	19,7460
50	128,07	127,60	14,5922	14,4767
60	173,87	173,40	10,7415	10,8305
70	230,60	230,40	8,1598	8,1910
80	300,47	299,21	6,2841	6,2996
90	385,33	383,10	4,8672	4,8967
100	486,87	485,50	3,8491	3,8456
110	607,16	608,20	3,0468	3,0291
120	748,37	751,30	2,4209	2,3965
130	912,90	915,50	1,9248	1,9037
140	1103,18	1105,10	1,5252	1,5129
150	1322,26	1326,20	1,1965	1,1912
160	1573,09	1577,80	0,91562	0,92222
170	1859,28	1867,10	0,68011	0,68917
180	2184,55	2177,50	0,45854	0,47945
185	2363,20	2362,30	0,34480	0,37707
190	2553,32	2551,30	0,21170	0,25498

Il nous a paru inutile de joindre à ce Tableau les valeurs de la chaleur de vaporisation calculées par la formule (8). Celle-ci n'est, en effet, que la formule de Clapeyron

$$\frac{L}{T} = \frac{\partial P}{\partial T}(v_1 - v_2),$$

dans laquelle on remplace $\frac{\partial P}{\partial T}$ et $v_1 - v_2$ par leurs valeurs tirées des formules (4) et (7). Elle doit donc certainement donner la chaleur de vaporisation avec une approximation qui ne dépend que de l'approximation avec laquelle ces dernières formules représentent, elles-mêmes, P et $v_1 - v_2$. Comme cette approximation est très grande aux températures de 20°, 30° et 40°, on doit s'attendre à ce que la formule (8) donne la chaleur de vaporisation avec une assez grande exactitude à 30°. On trouve, en effet, par le calcul, $85^{\text{cal}},63$ pour la chaleur de vaporisation de 1^{g} d'éther, c'est-à-dire pour $\frac{L}{74,08}$. Cette quantité ne diffère que de $\frac{1}{200}$ de celle indiquée par M. S. Young, et qui est $85^{\text{cal}},18$.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions de plusieurs variables.* Note (¹) de M. **Gaston Julia.**

I. J'ai démontré dans une précédente Note que les points où une famille de fonctions $f(x, y)$, holomorphes dans un volume V, cesse d'être normale, ne peuvent être isolés. Ces points forment un ensemble parfait E. Le théorème fondamental que j'ai démontré dans cette Note peut recevoir l'énoncé plus général et plus utile suivant :

Si, au point (x_0, y_0) de V, la famille des $f(x, y)$ n'est pas normale, et s'il existe une famille de surfaces caractéristiques qui soit analytique et régulière (²) au voisinage de (x_0, y_0), de façon que, sur la caractéristique qui passe

(¹) Séance du 29 mars 1920.

(²) Une telle famille peut se représenter par $\varphi(x, y) = \lambda$, $\varphi(x, y)$ étant holomorphe autour de x_0, y_0, les dérivées $\frac{\partial \varphi}{\partial x}, \frac{\partial \varphi}{\partial y}$ n'étant pas nulles toutes deux en x_0, y_0; λ est un paramètre arbitraire.

en (x_0, y_0), *la famille des* f *soit normale en tout point voisin de* (x_0, y_0), *alors sur toute caractéristique voisine de* x_0, y_0, *il existe au moins un point* (x, y) *voisin de* (x_0, y_0) *où la famille des* f *cesse d'être normale.*

II. On déduit de là des conséquences variées en procédant comme le fait E.-E. Lévi dans son remarquable Mémoire *Sur les singularités essentielles des fonctions analytiques de deux ou plusieurs variables.*

1° O étant un point fixe quelconque de l'espace (x_1, x_2, y_1, y_2), et $\overline{OP}$ la distance de O à un point P qui décrit l'ensemble E des points où la famille des f n'est pas normale, *il est impossible qu'il existe un point* P′ *de* E, *dont la distance à* O *soit supérieure à celle de tous les points* P *de* E *voisins de* P′.

2° Par suite, l'ensemble E *ne peut pas contenir de portion isolée toute entière à distance finie.*

3° Et d'autre part, si la famille de fonctions f est normale en tout point d'une hypersurface fermée intérieure au domaine V où les f sont holomorphes, elle est normale aussi dans tout le volume intérieur à l'hypersurface considérée.

Par là les familles de fonctions de plusieurs variables se différencient des familles à une variable; on sait en effet qu'une famille de fonctions de z peut être normale en tout point intérieur à un cercle, sauf au centre, à condition de contenir une suite qui tende vers l'infini en tout point distinct du centre, tout en restant bornée au centre.

4° Soient Δ un domaine simplement connexe du plan des x, x_0 un point intérieur à Δ, Δ' un domaine borné quelconque du plan des y, C′ sa frontière [1]; si une famille de fonctions holomorphes est normale :

a. en tout point (x_0, y), y étant arbitraire *dans* Δ' *ou sur* C′,
b. en tout point (x, y), *x étant arbitraire dans* Δ *et y sur* C′,

on peut affirmer que la famille est normale en tout point (x, y) du domaine (Δ, Δ'), x étant arbitraire dans Δ et y arbitraire dans Δ' et sur C′.

III. Il s'ensuit d'intéressantes *propriétés métriques* de l'ensemble E.

Lorsque la famille considérée est normale aux points ($x = 0$, y intérieur à un domaine borné Δ' ou sur sa frontière C′), à tout point y_0 de Δ' ou de C′ correspondra un rayon maximum R_{y_0} tel que la famille envisagée soit nor-

---

(1) Le domaine (Δ, Δ') étant intérieur au volume V dans lequel les fonctions de la famille sont toutes holomorphes.

male en tout point ($|x| < R_{y_0}, y = y_0$). R_{y_0} sera la plus courte distance du point $x = 0$ aux points de E situés dans le plan $y = y_0$. R_{y_0} sera une fonction de y_0 *semi-continue inférieurement*. De plus :

1° Si p_y est une fonction réelle de y_1, y_2 [$y_0 = y_1 + iy_2$] définie dans Δ' et sur C', telle que, sur C', on ait $0 < p_y \leqq R_y$, et, dans Δ',

$$\frac{\partial^2 \log p_y}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2 \log p_y}{\partial y_2^2} = 0,$$

on aura dans tout le domaine Δ' et sur C' $p_y \leqq R_y$.

2° *Si, dans les hypothèses précédentes, on a, en un point* y_0 *au moins intérieur à* Δ', $R_{y_0} = p_{y_0}$, *on aura partout dans* Δ' $R_y = p_y$.

3° Si R_y admet des dérivées des deux premiers ordres par rapport à y_1 et y_2, *ces dérivées satisfont à* $\frac{\partial^2 \log R_y}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2 \log R_y}{\partial y_2^2} \leqq 0$.

4° Enfin, si $x = 0, y = 0$ est un point de E, et si, de plus, dans un certain voisinage ($|x| < r, |y| < r'$) de l'origine, *il n'existe qu'un point de* E *au plus* ($y = \eta$) *dans chaque plan* $x = \xi$, la famille considérée étant normale aux points ($x = \xi, y \neq \eta$) dans le voisinage indiqué, alors *à tout point* $x = \xi$ *suffisamment voisin de* $\xi = 0$ *correspond certainement une valeur et une seule* $y = \varphi(\xi)$ *telle que la famille cesse d'être normale au point* [$\xi, \varphi(\xi)$], *et la fonction* $\varphi(\xi)$ *est analytique et holomorphe au voisinage de l'origine.*

Cela veut dire que le continu E sera, dans nos hypothèses, une *caractéristique régulière.*

5° Si, dans les conditions de 4°, il correspond à $x = \xi$ n valeurs $\eta_1, \eta_2, \ldots, \eta_n$ de y, telles que la famille considérée cesse d'être normale aux points (ξ, η_i) du plan $x = \xi$, tout en restant normale au voisinage de ces points dans le plan $x = \xi$, *les fonctions symétriques élémentaires de* y *seront fonctions analytiques holomorphes de* ξ; *les fonctions* $\eta_i(\xi)$ *seront analytiques autour de* $\xi = 0$ *et auront, en* $\xi = 0$, *un point critique algébrique au plus.*

Le continu E sera, ici encore, une *caractéristique régulière.*

J'ajouterai qu'on a des propriétés aussi remarquables lorsque E est une hypersurface de l'espace à quatre dimensions (x_1, x_2, y_1, y_2).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les couples de surfaces à lignes de courbure associées.* Note [1] de M. L. **Bianchi.**

1. Nous dirons que deux surfaces S, S' sont à lignes de courbure *associées,* lorsqu'elles se correspondent par leurs lignes de courbure (u_1, u_2) de telle sorte que, dans les expressions de leurs éléments linéaires

$$\begin{cases} dS^2 = H_1^2\,du_1^2 + H_2^2\,du_2^2,\\ dS'^2 = H_1'^2\,du_1^2 + H_2'^2\,du_2^2,\end{cases}$$

on ait

$$\frac{1}{H_i}\frac{\partial H_k}{\partial u_i} = \frac{1}{H_k'}\frac{\partial H_i'}{\partial u_k} \quad (i, k = 1, 2),$$

c'est-à-dire leurs *rotations* β_{ik}, β'_{ik} soient les mêmes, tout en étant permutées.

Comme les rotations sont les mêmes pour une surface et pour son image sphérique, la recherche de ces couples de surface (S, S') revient au problème de trouver les couples d'éléments linéaires, appartenant à la sphère unitaire

$$(1) \qquad \begin{cases} ds^2 = h_1^2\,du_1^2 + h_2^2\,du_2^2,\\ ds'^2 = h_1'^2\,du_1^2 + h_2'^2\,du_2^2,\end{cases}$$

qui présentent les mêmes rotations permutées

$$\beta_{ik} = \beta'_{ki}.$$

Si l'on connaît un couple de tels éléments sphériques (1), deux surfaces quelconques S, S', ayant respectivement ces images sphériques, forment un couple à lignes de courbure associées.

2. Deux éléments sphériques associés (1) étant donnés, nous allons former des couples *spéciaux* (S, S') de surfaces à lignes de courbure associées de la manière suivante. Soient w_1, w_2 les distances de l'origine aux deux plans principaux de S, et φ la distance au plan tangent; de même w'_1, w'_2, φ' auront les significations analogues pour S'. Maintenant, m étant une constante arbitraire non nulle, formons avec les six fonctions inconnues (w_i, φ), (w'_i, φ') le système differentiel suivant :

$$(\mathrm{A}) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial w_i}{\partial u_i} = m w'_i - \beta_{ki} w_k - h_i\varphi, & \dfrac{\partial w_i}{\partial u_k} = \beta_{ik} w_k, & \dfrac{\partial \varphi}{\partial u_i} = h_i w_i,\\ \dfrac{\partial w'_i}{\partial u_i} = m w_i - \beta_{ik} w'_k - h'_i\varphi', & \dfrac{\partial w'_i}{\partial u_k} = \beta_{ki} w'_k, & \dfrac{\partial \varphi'}{\partial u_i} = h'_i w'_i \end{cases}$$

$$(i \neq k_1 = 1, 2).$$

---

[1] Séance du 22 mars 1920.

C'est un système complètement intégrable, qui admet, en outre, l'intégrale quadratique

$$(w_1^2 + w_2^2 + \varphi^2) - (w_1'^2 + w_2'^2 + \varphi'^2) = \text{const.},$$

et nous disposons des valeurs initiales arbitraires des w_i, w_i', φ, φ' de manière à encercler la constante du second membre, ce qui donne

$$w_1^2 + w_2^2 + \varphi^2 = w_1'^2 + w_2'^2 + \varphi'^2,$$

ou bien : *deux points correspondants* P, P′ *de* S, S′ *se trouvent à la même distance de l'origine.* En calculant les éléments linéaires de S, S′, on a les formules

$$dS^2 = m^2(w_1'^2\, du_1^2 + w_1'^2\, du_2^2),$$
$$dS'^2 = m^2(w_1^2\, du_1^2 + w_2^2\, du_2^2),$$

dont la signification géométrique est évidente.

3. Pour ces couples spéciaux on a le théorème suivant :

Une inversion par rapport à l'origine O *change tout couple spécial* (S, S′) *dans un autre couple spécial* ($\overline{S}$, $\overline{S'}$).

Les images sphériques de $\overline{S}$, $\overline{S'}$ changent par les formules

$$\begin{cases} \overline{h_i} = h_i - \dfrac{2m w_i' \varphi}{A}, & \overline{h_i'} = h_i' - \dfrac{2m w_i \varphi'}{A}, \\ \overline{\beta_{ik}} = \beta_{ik} - \dfrac{2m w_i w_k'}{A}, & \overline{\beta_{ik}'} = \beta_{ik}' - \dfrac{2m w_i' w_k}{A}, \end{cases}$$
$$A = w_1^2 + w_2^2 + \varphi^2 = w_1'^2 + w_2'^2 + \varphi'^2.$$

L'intégration du système linéaire (A) fait ainsi dériver, de tout couple (1) d'éléments sphériques associés, ∞^4 couples nouveaux. C'est une transformation sphérique *de Ribaucour*, que l'on indiquera par T_m.

Au sujet de l'application répétée de ces transformations T_m, on a encore ici ce théorème de permutabilité : *Si l'on applique aux deux éléments sphériques associés* (1) *deux transformations diverses* T_m, $T_{m'}(m'^2 \neq m^2)$, *des deux nouveaux couples dérivés on déduit, en termes finis, un quatrième; celui-ci se trouve, comme le premier, lié aux deux couples intermédiaires par des transformations* $T_{m'}$, T_m, *à constantes m, m′ permutées.*

4. Signalons deux cas particulièrement simples d'éléments linéaires sphériques (1) associés.

Dans le premier cas, les deux éléments (1) coïncident, c'est-à-dire on a

$$h'_i = h_i, \qquad \beta_{21} = \beta_{12}.$$

Ce sont les éléments sphériques (E) de Darboux-Ribaucour, caractérisés par la forme

$$ds^2 = \frac{\partial \Theta}{\partial u_1} du_1^2 + \frac{\partial \Theta}{\partial u_2} du_2^2.$$

Les transformations T_m sont ici applicables et l'on peut, *en particulier*, choisir les $\varpi'_i = \varpi_i$, ce qui réduit à une seule les deux surfaces S, S' du couple spécial.

Le second exemple se rapporte à la théorie des surfaces pseudo-sphériques et aux congruences (paraboliques) formées par les tangentes à leurs lignes asymptotiques. En prenant les images sphériques de ces congruences, on a deux éléments sphériques associés de la forme

$$(2) \qquad \begin{cases} ds^2 = \left(\dfrac{\partial \omega}{\partial u}\right)^2 du^2 + \sin^2\omega \, dv^2, \\ ds'^2 = \sin^2\omega \, du^2 + \left(\dfrac{\partial \omega}{\partial v}\right)^2 dv^2, \end{cases}$$

où ϖ est une solution de l'équation

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial u \, \partial v} = \sin \omega.$$

Dans ce cas, les transformations T_m reviennent aux transformations de M. Bäcklund, et le théorème de permutabilité reçoit sa signification habituelle.

Ajoutons que, parmi les couples de surfaces à lignes de courbure associées, avec les représentations sphériques (2), on a ici les deux nappes d'une *congruence de M. Guichard*, dont les développables interceptent sur S, S' les lignes de courbure u, v. Les éléments linéaires dS, dS' sont donnés par

$$\begin{cases} dS^2 = \rho^2 du^2 + \left(\dfrac{\partial \rho}{\partial v}\right)^2 dv^2, \\ dS'^2 = \left(\dfrac{\partial \rho}{\partial u}\right)^2 du^2 + \rho^2 dv^2, \end{cases}$$

où ρ est une solution (quelconque) de l'équation aux déformations infiniment petites de la surface pseudo-sphérique

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial u \, \partial v} = \rho \cos \omega.$$

HYDRAULIQUE. — *Sur le régime permanent dans les chambres d'eau.* Note de M. C. CAMICHEL, transmise par M. A. Blondel.

La présente Note se rapporte à l'étude expérimentale du régime permanent dans les chambres d'eau. La méthode employée a été décrite, dans la *Revue générale de l'Électricité*, t. 6, p. 707; elle consiste à déterminer les vitesses, en chaque point du fluide étudié, par la photographie de poussières éclairées par un faisceau intermittent. Ces poussières entraînent de petites bulles d'air; les particules ainsi constituées subissent une sélection automatique : celles qui ont la même densité moyenne que le liquide ambiant restent en suspension dans celui-ci et servent aux mesures, les autres tombent au fond ou flottent à la surface. On obtient ainsi par réflexion sur les bulles d'air des points très brillants, se détachant sur un fond noir.

Ce dispositif a le grand avantage de ne produire dans le liquide où l'on veut mesurer les vitesses aucune action perturbatrice; il permet aussi de fixer avec précision les conditions initiales, par exemple de mettre le liquide en mouvement sans secousse et de réaliser les conditions spécifiées dans le théorème de Lagrange relatif à la dynamique des fluides parfaits.

Je vais résumer quelques-unes des observations réalisées sur le mouvement symétrique autour d'un axe vertical OZ et s'effectuant suivant des plans méridiens passant par cet axe; les photographies obtenues dessinent alors les lignes de courant par des traits discontinus dont la longueur et l'orientation permettent de déterminer le champ des vecteurs de vitesse.

Dans les expériences citées, les vitesses étaient comprises entre 0 et $2^m,50$ par seconde.

1. *Équation de continuité.* — On peut contrôler l'exactitude de la méthode en vérifiant que le flux est le même à travers une section quelconque d'un tube de vecteurs.

Exemple : écoulement par un orifice en mince paroi, de diamètre égal à 2^{cm} percé dans le fond horizontal d'une chambre d'eau ayant $40 \times 40 \times 40^{cm}$.

Les longueurs des traits, permettant la mesure de la vitesse sur l'axe OZ, ont été :

Observation.	Calcul.	Observation.	Calcul.
mm	mm	mm	mm
5,0	5,2	1,44	1,43
3,35	3,44	1,20	1,21
2,40	2,43	0,97	1,01
1,80	1,84		

2. *Existence d'un potentiel des vitesses; détermination du vecteur tourbillon.* — Pour rechercher s'il existe un potentiel des vitesses, on peut employer les procédés suivants :

a. L'élément qui passe au point $P(x, y, z)$ a une vitesse W dont les projections u, v, w sont des fonctions de x, y, z. Étudions le plan des xz. Pour savoir si le mouvement auquel on a affaire au point P est irrotationnel, il suffit d'étudier la composante η du vecteur tourbillon parallèle à l'axe des y; cette composante est donnée par la formule

$$2\eta = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}.$$

Pour déterminer η, on procède comme suit : sur la parallèle à l'axe des z passant par le point P, on détermine au voisinage de ce point différentes valeurs de u et l'on construit la courbe (u, z); sur la parallèle à l'axe des x passant par le point P, on détermine au voisinage de ce point différentes valeurs de w et l'on construit la courbe (w, x). Si la rotation est nulle en P, les deux tangentes aux points P sur les deux courbes doivent être parallèles.

Il en a toujours été ainsi dans les expériences que j'ai effectuées sur la chambre d'eau signalée plus haut et qui était munie d'un orifice en mince paroi de 2^{cm} de diamètre et sur une chambre d'eau ayant $40^{cm} \times 40^{cm}$ de base et 55^{cm} de hauteur, munie d'un ajutage cylindrique rentrant, vertical, ayant 15^{cm} de longueur, $3^{cm},4$ de diamètre intérieur et 44^{mm} d'épaisseur.

b. Un autre procédé pour rechercher s'il existe un potentiel des vitesses dans une région déterminée d'une chambre d'eau consiste à tracer sur la photographie les lignes de courant et la trace sur le plan de la figure des surfaces équipotentielles qui sont orthogonales aux lignes de courant. Il suffit alors de vérifier que le produit de la vitesse W par la longueur dn, comptée sur la vitesse et comprise entre deux surfaces équipotentielles voisines situées de part et d'autre du point considéré, est constant.

Exemple. — Expérience sur l'ajutage rentrant déjà cité :

dn (mm)	W (mm p. s.)	$d\varphi = W\,dn$
3,5	33,1	116,0
3,45	33,1	114,0
3,31	33,1	110,0
3,13	35,0	110,0
2,94	36,9	109,0
2,66	42,6	113,0
2,56	45,0	115,0
2,10	54,9	115,0

Ce Tableau montre que le produit $W\,dn$ est sensiblement constant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'action des gaz extrêmement divisés.* Note de M. C. **Zenghelis**, présentée par M. Georges Lemoine.

Certains éléments, à la température ambiante, présentent une activité beaucoup plus considérable qu'à l'ordinaire, quand ils se produisent directement au contact des corps sur lesquels ils doivent réagir et dans quelques autres cas.

On a généralement attribué cette plus grande activité à la plus grande énergie libre que les atomes possèdent quand ils agissent à l'état libre.

Ce cas se présente à l'état dit *état naissant*. Les éléments chez lesquels on a observé cette plus grande activité sont peu nombreux et tous sont des gaz, c'est-à-dire l'hydrogène, l'oxygène, etc. En seconde ligne l'azote (1).

Le fait que ces cas d'activité ne se présentent que chez quelques gaz, soit au moment de leur production, quand ils se dégagent dans un milieu liquide en forme de bulles extrêmement petites, soit quand ils sont occlus dans les métaux où ils se trouvent extrêmement divisés, m'ont engagé à examiner si cette activité n'est pas due à leur extrême division.

J'ai donc cherché à reproduire les mêmes phénomènes en faisant passer les gaz par des substances telles que le papier à filtrer, ou le papier parchemin pour dialyse, les divisant ainsi d'une façon mécanique en parcelles minimes.

Dans ce but j'ai fait les expériences suivantes en me servant des cartouches de papier à filtrer destinées à l'extraction des graisses (Schleicher et Schüll, n° 603) ou des petites cartouches en papier de diffusion (Schleicher et Schüll, n° 579).

Les cartouches bien fermées avec un bouchon communiquaient par un tube de verre avec un appareil Kipp d'hydrogène sous la pression d'une colonne d'eau de 25^{cm} environ, ou bien avec une bouteille d'acier contenant de l'oxygène sous une pression un peu supérieure, et plongeaient dans un flacon d'Erlenmeyer de 150^{cm^3}.

Ces flacons étaient presque remplis des solutions examinées et étaient fermés parfaitement par les bouchons des cartouches.

Sous la pression qui leur était appliquée, le gaz ne pouvait passer par les pores de la cartouche, mais c'est dans ces pores qu'il agissait sur le corps dissous. Avant chaque essai je m'assurais que la cartouche seule n'agissait point sur la solution en question.

(1) *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 914.

En me réservant d'exposer les détails plus longuement, j'arrive aux résultats obtenus.

Traitée par l'hydrogène, une solution de chlorure de mercure chauffée à 90° se réduit à travers le papier à dialyse en protochlorure de mercure en quantité déjà appréciable en une heure.

De même 150^{cm^3} d'une solution de 10 pour 100 de chlorate de potasse exempte de chlorure, et chauffée à 80°-85° pendant deux heures et demie, m'ont donné $0^g,19$ de chlorure d'argent.

Dans les mêmes conditions et à froid, une solution de 10 pour 100 d'azotate de potasse exempt d'azotite, après une demi-heure, donna très nettement la réaction d'acide nitreux.

Mais la réduction la plus intéressante est celle de l'anhydride carbonique par l'hydrogène. Si l'on agit à froid et pendant trois jours de la même façon en plongeant la cartouche dans de l'eau saturée d'anhydride carbonique, on obtient différents produits de réduction, lesquels réduisent la solution ammoniacale d'argent comme l'aldéhyde formique, le trioxyméthylène, etc.

En distillant cette eau à sec, on obtient, d'une part, un distillat qui a l'odeur de l'alcool méthylique très dilué et donne les réactions de l'aldéhyde et, d'autre part, un résidu blanchâtre d'une saveur douce, de consistance collante quand il est humecté, qui réduit la solution ammoniacale d'argent et qui, en se chauffant, répand l'odeur du caramel. C'est donc du sucre.

On obtient les mêmes produits avec une solution de bicarbonate de calcium.

Si l'on répète ces expériences à chaud (65°), la réduction se fait un peu plus vite; les mêmes produits se forment, mais surtout du trioxyméthylène.

Le résidu de réduction de l'eau acidulée d'acide carbonique traité pendant 48 heures pesait $0^g,0235$. On peut même démontrer l'action réductrice de l'hydrogène occlus dans les pores du papier à filtrer ou à dialyse en humectant une lame lisse d'aluminium ou de zinc avec un acide et en la pressant par le papier. Si l'on retire ce papier après quelques minutes et si l'on ajoute quelques gouttes de molybdate de soude acidulée, on distingue, dans différentes parties du papier, des points bleus produits par la réduction du molybdate.

En substituant l'*oxygène* à l'hydrogène, j'ai obtenu l'oxydation de l'iodure de potassium dans une solution à 4 pour 100 additionnée d'acide sulfurique dilué, celle de l'ammoniaque en acide nitreux et de l'alcool méthylique (en 40 heures) en aldéhyde formique.

L'azote lui-même se combine avec l'hydrogène dans les mêmes conditions quand on opère avec un mélange de $(3H + N)$, et il donne à froid et après une demi-heure déjà la réaction de l'ammoniaque (Nessler).

Ces résultats démontrent que l'activité des gaz augmente beaucoup quand ces derniers se trouvent très finement divisés.

En effet, ce que nous savons de l'action chimique des gaz se déduit d'expériences où leur passage à travers différentes solutions se fait par des tubes ayant ordinairement un diamètre de 4^{mm} à 6^{mm}, tandis que le diamètre des pores du papier dont je me suis servi était 1000 fois et celui du papier à dialyse plus que 50000 fois plus petit.

J'ai calculé ces diamètres en mesurant la pression nécessaire pour le passage de l'air à travers les pores du papier, m'appuyant sur la formule qui donne le diamètre des capillaires d'après la pression (1).

Dans le cas des gaz absorbés par les métaux dont les pores sont plus petites que les pores du collodion, et d'autres matières dont on s'est servi pour l'ultra-filtration des colloïdes, ces derniers doivent développer une surface au moins 500000 fois plus grande qu'une bulle de 4^{mm} de diamètre.

On admet ordinairement l'existence des atomes libres munis d'une énergie libre considérable, à laquelle ils attribuent l'activité des gaz à l'état naissant et tous les autres cas semblables. Mais est-il possible d'admettre que les atomes, munis d'une énergie libre considérable, puissent rester en un contact si étroit comme dans le cas des gaz occlus, par exemple, sans former des molécules ?

Contre cette explication de l'activité de ces gaz je n'ai à citer que quelques essais que j'ai fait avec l'*oxyde de carbone*. Ce gaz absorbé par le platine ou agissant à travers le papier à dialyse m'a donné des réductions énergiques telles que la réduction de l'acide iodique du molybdate de soude de l'azotate de potasse, etc.

Ce gaz étant une combinaison chimique, on devrait donc chercher pour lui seul une autre explication (2).

D'après les expériences citées ici, je crois qu'on peut expliquer toutes les réactions des gaz attribuées à l'excédent de l'énergie libre possédée par les atomes libres, tout simplement par l'extrême division des gaz agissants, d'autant plus que cet excédent d'énergie des atomes libres n'est nullement démontré.

---

(1) Voir BECHHOLD, *Zeit. für phys. Chem.*, t. 64, 1908, p. 330.
(2) *Zeit. für. anal. Chem.*, t. 38, p. 47.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'alcool myricique de Brodie.* Note de M. **Albert Gascard**, présentée par M. A. Haller.

L'alcool myricique [1] a été découvert dans la cire d'abeilles par Brodie, qui lui attribuait la formule $C^{30}H^{62}O$ et le point de fusion 85°.

Cette formule étant discutée et la combustion inefficace, pour choisir entre $C^{30}H^{62}O$ et $C^{31}H^{64}O$, nous avons entrepris de déterminer cette formule à l'aide de l'iodure de myricyle.

1° Par le dosage de l'iode. Les différences entre les quantités d'iode, de deux termes voisins, étant supérieures aux erreurs d'expérience;

2° Par la transformation de l'iodure en carbure saturé et la comparaison de celui-ci avec les carbures saturés connus.

Préparation de l'alcool myricique. — La cire d'abeilles est saponifiée par ébullition du mélange : cire, potasse, alcool, benzine [2], la saponification est terminée en quelques minutes; l'addition d'eau divise la masse en deux parties. La benzine surnageant retient en solution les corps neutres : carbures, alcools, matière colorante; par refroidissement, elle se prend en une masse jaune d'or. Des cristallisations dans la benzine chaude, et lavage des cristaux à la benzine froide, enlèvent rapidement les carbures et la matière colorante; il reste un mélange des alcools myricique et cérylique.

Pour obtenir l'alcool myricique pur, nous avons pratiqué des cristallisations fractionnées (à 4 pour 100), la séparation des cristaux et de la benzine mère se faisant à 30°, dans un appareil placé à l'étuve et disposé pour qu'il n'y ait aucune évaporation du dissolvant.

Après une série d'opérations, les cristaux séparés à 30°, puis à 20° et enfin, par concentration de la benzine mère, fondent au même point 87°.

Pendant cette purification, les cristaux prennent des aspects qui se succèdent dans un ordre déterminé, que nous avons retrouvé avec beaucoup d'autres composés de cette série. D'abord réunis en un bloc, d'un blanc mat, les cristaux se transforment quand on approche du terme de la purification en une masse feutrée, soyeuse, très brillante, se pulvérisant sous le

---

(1) Brodie appelait mélissique l'alcool et l'acide correspondant. Les auteurs ont conservé ce nom pour l'acide, et adopté celui de myricique, pour l'alcool, qui a été obtenu en saponifiant la myricine, partie de la cire d'abeilles insoluble dans l'alcool.

(2) Leys, *Journal de Physique et de Chimie*, t. 5, 1912, p. 577.

doigt, puis, dans les dernières cristallisations, en une poudre moins brillante, formée de losanges microscopiques, de 60°-120°, isolés. Les cristaux n'adhèrent plus aux parois du récipient, où ils se sont formés.

Propriétés de l'alcool myricique. — L'alcool myricique se présente en poudre cristalline blanche, brillante, peu soluble à froid, très soluble à chaud dans l'alcool, l'éther, la benzine, le chloroforme. Son point de fusion est 87°.

Iodure de myricyle. — L'alcool est transformé en éther iodhydrique, à l'aide de l'iodure de phosphore, et purifié par cristallisations dans l'éther. Il affecte, comme tous les corps de cette série, la forme de lamelles losangiques de 60°-120°.

Le dosage de l'iode a donné pour 100 : 22,43; 22,55; 22,8 (moyenne 22,595).

Or, le calcul attribue aux formules

$$C^{30}H^{61}I - C^{31}H^{63}I - C^{32}H^{65}I$$

les nombres 23,175; 22,597; 22,048.

La formule $C^{31}H^{64}I$ est donc celle qui traduit le résultat de l'analyse.

Carbure saturé. — L'iodure, en solution dans l'alcool absolu chaud additionné d'un dizième de benzine, est transformé en carbure par l'action de l'amalgame de sodium. Le carbure est purifié par dissolution dans la benzine froide et précipitation par l'alcool. Il est en lamelles losangiques de 60°-120° (en hexagones réguliers dans la solution alcaline); son point de fusion est 69° comme celui de l'iodure, mais il ne renferme pas d'iode et ses solubilités sont différentes.

Krafft a obtenu un carbure en C^{31} fondant à 68°,1 en partant de la palmitone. Les carbures en C^{30} et C^{32} fondent à 66° et 70°,5. La formule $C^{31}H^{64}$ est encore la plus vraisemblable.

Afin de confirmer celle-ci, nous avons comparé l'alcool myricique avec le laccérol dont la formule $C^{32}H^{66}O$ a été établie précédemment [1].

L'alcool myricique fond à 87°; le laccérol à 89° (températures corrigées); les éthers acétiques à 72° et 73°; les iodures à 69° et 71°; les carbures saturés correspondants à 69° et 70°,5; les carbures saturés, renfermant un nombre double d'atomes de carbone, à 100°,5 et 102°.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 258.

L'alcool myricique oxydé, par l'acide chromique en solution acétique, ou par la chaux sodée, donne l'acide mélissique (P. F. 90°). Le laccérol, dans les mêmes conditions, fournit l'acide laccéroïque (P. F. 95°-96°).

Le mélissate de myricyle fond à 90°, 5; le laccéroate de laccéryle à 95° et le laccéroate de myricyle à 92°, 5.

Il est possible de passer de l'un de ces corps à l'autre :

1° En dégradant l'acide le plus élevé par la méthode de Simonini ([1]). L'iode, agissant sur le laccéroate d'argent, le transforme en laccéroate de l'alcool en C^{31}. Or cet éther fond à 92°, 5, comme le laccéroate de myricyle.

2° En préparant le cyanure de myricyle, qui doit être le nitrile laccéroïque.

L'iodure de myricyle chauffé à 150°, en tube scellé, avec le cyanure de potassium, en présence de l'alcool méthylique, produit un nitrile, en lamelles losangiques, fondant à 75°, difficile à saponifier. Cependant cette hydratation est obtenue par un chauffage à 170° avec la potasse (1 partie) et l'alcool amylique (2 parties) dans un tube à essai en argent, renfermé dans un tube de verre scellé.

L'acide obtenu se montre identique à l'acide laccéroïque.

La formule $C^{31}H^{64}O$ nous paraît donc établie pour l'alcool myricique de cire d'abeilles.

GÉOLOGIE. — *Le geyser des Martres-d'Artières (Puy-de-Dôme).* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Les geysers émettent-ils tous de l'eau bouillante et fonctionnent-ils tous de façon identique et avec un moteur analogue? Celui qui est né le 13 novembre 1919 aux Martres-d'Artières (Puy-de-Dôme) apporte une contribution à l'étude de cette question.

Le phénomène geysérien se produisit à 415^m de profondeur, au cours de l'exécution d'un sondage pour recherche du pétrole, sondage entrepris par l'Administration des Mines pour le compte de l'État et dont cette Administration a bien voulu me confier le contrôle scientifique. Après avoir traversé des sédiments variés de l'Oligocène et deux niveaux de bitume, la

(1) *Mon. f. Chem.*, t. 13, p. 320.

sonde pénétra dans une nappe d'eau minérale à 31°, qui jaillit violemment à l'extérieur, sous l'action de l'acide carbonique qu'elle renfermait.

La projection s'éleva d'abord à 15ᵐ du sol, puis, durant quelques jours, le jaillissement fut irrégulièrement intermittent, pour reprendre cinq fois de suite une ampleur de plus en plus grande, comme hauteur et comme débit.

Le 20 décembre, à minuit, une violente explosion réveilla les habitants des villages voisins. Après un repos de 3 jours, sous la poussée de l'acide carbonique, le geyser fonctionnait de nouveau et projetait à l'extérieur une tige de sonde, de 180ᵐ de long, pesant environ 2 tonnes et demie, que l'on avait descendue dans le trou pour reprendre le travail. Le jaillissement, cette fois, ne dura que 8 heures. Après un nouveau repos de 4 jours, il reprit avec une plus grande violence. L'eau minérale qui émergeait ainsi brusquement d'une profondeur de 415ᵐ, d'abord limpide, se troublait rapidement par la transformation à l'air de plusieurs de ses sels, et elle entraînait avec elle une notable quantité de bitume, de sables et d'argiles provenant des couches qu'elle désagrégeait en route et qu'elle accumulait autour de l'édifice du sondage, comme autour du cratère d'un volcan.

La tour de sondage, la machinerie et les arbres du voisinage furent bientôt incrustés d'une couche de carbonate de chaux blanchâtre, qui donnait au paysage un aspect hivernal. L'activité se maintint constante pendant 9 jours et 8 heures, et cessa le 3 janvier, pour redevenir intermittente après quelques heures.

Après 21 jours de repos, le 27 janvier, l'activité geysérienne reprit par une violente projection de gaz, de bitume et d'eau minérale à 29°. L'eau sortait par la tige de sondage, et entre tige et colonne, ce qui diminuait le débit. Dès qu'on put enlever la tige, le débit redevint considérable (80 litres par seconde). Le 28 février, nouvel arrêt du geyser après des intermittences de plus en plus affaiblies et une agonie de 2 jours, et enfin descente de l'eau dans le trou de sonde à 150ᵐ du jour. On observe encore un fort bouillonnement et l'eau remonte de nouveau, mais il n'est pas certain qu'il y ait encore éruption d'eau.

Le jaillissement, gêné par la tige, a duré 31 jours de façon continue. Il se termina par une violente explosion, *uniquement gazeuse*.

Voici les résultats des analyses des gaz et de l'eau minérale du dernier jaillissement :

Composition centésimale du gaz brut du geyser, par MM. Moureu et Lepape.

	Pour 100.
Anhydride carbonique	98,80
Oxygène	0,02
Azote	1,15?
Gaz combustible	0,12?
Gaz rares :	
Argon + traces de Kr et Xe (0,01635)	0,017
Hélium + traces de néon (0,00065)	

Analyse chimique de l'eau minérale du geyser, par M. Fric.

	Par litre. g
Anhydride carbonique libre	0,719
Bicarbonate de sodium	6,403
» de calcium	1,268
» de magnésium	1,164
Sulfate de calcium	0,027
Chlorure de potassium	0,657
» de sodium	2,105
Ammoniaque	0,0037
Brome, lithium	traces
Silice	0,128
Carbonate ferreux	0,066
Total (non compris CO^2 libre)	11,821

Ce qu'il faut retenir des jaillissements du geyser des Martres, c'est la *puissance* et la *durée des jaillissements*, dont une régularisation semble possible; c'est aussi *l'abondance de l'acide carbonique* émis, qui produit une véritable émulsion avec l'eau minérale. Le geyser des Martres a rejeté, en 31 jours, de façon continue, environ 220000$^{m^3}$ d'eau minérale, c'est-à-dire une quantité égale à celle que fournissent, en un an, toutes les sources minérales du bassin de Vichy. La totalité des substances dissoutes dans cette eau, dont une partie se précipitait dans les ruisseaux sous forme de carbonate de chaux et de fer (travertin), fut de près de 1800 tonnes et le volume des substances solides rejetées (sables et argiles) dépassa 2000$^{m^3}$. Le bitume compte, à lui seul, pour quelques centaines de kilogrammes par jour.

Il ne semble pas douteux que la nappe minérale ne se reconstitue vers 400^{m}, durant les périodes de repos, et que l'acide carbonique provenant peut-être de failles (si nombreuses en Limagne) en relation avec cette nappe ne s'accumule sous une pression de plus de 40^{atm}. Quand cette accumulation est suffisante, la colonne d'eau est soulevée et le jaillissement

reprend, pour diminuer progressivement après une descente de l'eau de 150^m à 300^m, en moyenne. L'eau a une température trop faible (30°) pour intervenir comme moteur du geyser. C'est donc *uniquement l'acide carbonique* qui est l'*agent provocateur* et le *moteur de l'éruption*.

Le geyser des Martres n'est pas le seul geyser français, mais il est de beaucoup le plus puissant. Il en existe un à Vesse, près Vichy (jaillissement trois fois par jour, 6^m à 8^m de haut; eau bicarbonatée sodique); un autre à Vals, Ardèche (geyser dans le granite, jaillissement toutes les 3 heures; hauteur 15^m; durée 10 minutes; température de l'eau minérale 16°). Signalons aussi le geyser éphémère de Montrond (Loire) qui, en 1881, prit naissance dans un sondage de 450^m de profondeur.

Au contraire des geysers du Massif Central, qui sont rares et qui ont été provoqués par des sondages, ceux d'Islande qui sont très nombreux et dont certains ont des jaillissements atteignant 60^m sont des phénomènes naturels produits par un moteur différent. C'est la vapeur d'eau sous pression qui produit leur jaillissement et non l'acide carbonique. Les eaux rejetées sont à la température d'ébullition et chargées de silice qui se dépose autour de l'orifice en même temps qu'il se dégage de l'acide sulfhydrique et de l'acide sulfureux. Les phénomènes geysériens d'Islande et de France, semblables en apparence, sont donc très différents en réalité. Quant aux geysers du Yellowstone Park, aux États-Unis, ils constituent un intermédiaire entre ces types extrêmes, car il en est chez lesquels l'action de l'acide carbonique s'ajoute à celle de la vapeur d'eau et qui déposent des incrustations calcaires.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur le mode de formation des rideaux en pays crayeux.* Note de M. **Louis Gentil**.

J'ai entretenu l'Académie, l'an dernier, de la genèse des ressauts de terrain appelés *rideaux* en pays crayeux. J'ai d'abord rappelé les théories émises sur leur origine par Henri Lasne et Albert de Lapparent dont les discussions ont été commentées avec soin par M. Demangeon, dans sa thèse de doctorat [1]; puis j'ai donné de leur mode de formation une explication différente en partant de mes observations personnelles dans la vallée de la Seine et en Picardie.

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 145 et 291.

J'ai eu récemment connaissance d'une Note de Poulett Scrope qui était passée inaperçue (¹). Sous le titre *The Terraces of the Chalk Downs*, l'illustre géologue anglais cite, à propos des rideaux de la craie du Wilts et du Dorset, en Angleterre, des faits très intéressants que je crois devoir mettre en lumière.

Sa Communication est une réponse au géologue Mackinstosh qui envisage les ruptures de pentes des affleurements de la craie comme des terrasses d'abrasion marine ou des plages soulevées dont l'état de conservation témoignerait du peu d'effet des eaux pluviales sur le modelé du terrain (²).

Les faits apportés sur la question par Poulett Scrope sont très précis et sa conclusion, en apparence, est la même que celle d'Albert de Lapparent : les rideaux ont, pour lui, une origine artificielle, ils ont été formés par la charrue. Mais, au cours de son exposé, il montre qu'en réalité ils résultent d'un glissement de l'argile à silex toutes fois que la pente est assez raide.

Cet observateur a vu les rideaux « sinon en voie de formation depuis le début, du moins augmenter annuellement sous ses yeux ». Il attribue le glissement de l'argile superficielle, qu'il confond avec le sol, à l'effet de la charrue qui, soulevant ces produits de décalcification au-dessus du rideau, les abandonnent ainsi à l'effet de la pesanteur « grandement renforcé par la chute des grandes pluies sur les surfaces en pentes ». Il en résulte que le sol (argile à silex) labouré doit fatalement « être entraîné jusqu'à ce qu'il soit arrêté par quelque haie, mur, remblai, qui limite l'action de la charrue ». L'auteur signale encore le travail des fermiers du Devonshire qui remontent sur la pente une partie des terres ainsi entraînées, par la pesanteur et l'action de la pluie, sur la ligne du rideau.

Ainsi, d'après les observations de Poulett Scrope, le labourage favoriserait le développement des rideaux en ameublissant l'argile à silex et en facilitant ainsi son écoulement sur la pente sous l'influence de la pesanteur; mais si l'illustre géologue fait intervenir la charrue dans la formation des rideaux, par contre il n'admet pas qu'ils résultent d'une régularisation par le labourage, des accidents naturels de la pente des versants, comme on l'avait pensé.

De toute façon, les observations précises de Poulett Scrope sont en conformité avec les miennes. Je continue de croire qu'il faut attribuer les rideaux au glissement sur les pentes de l'argile à silex rendue plastique par la pluie et entraînée par son propre poids. Mes observations, en dehors de

(¹) *Geolog. Magaz.*, vol. 3, 1856, p. 293-296.
(²) *Geolog. Magaz.*, vol. 3, 1856, p. 69 et 155.

toute culture, notamment dans la tranchée de la route de Cherbourg, aux environs de Bonnières (Seine-et-Oise), ne peuvent laisser de doute à cet égard. Il me paraît certain que les rideaux se sont formés par le simple jeu des phénomènes naturels que j'ai envisagés sans l'intervention de l'homme. Les faits cités par l'illustre géologue et vulcanologiste anglais ne font qu'apporter un appui décisif à cette manière de voir.

Je n'en dirai pas autant des conclusions énoncées récemment par le géologue allemand A. Krampfrath à la suite d'une étude des rideaux de la craie de la Saxe (¹).

Cet auteur a repéré avec soin les multiples « degrés » qui se développent aux environs de Dresde où ils forment, notamment sur la rive gauche de l'Elbe, des ressauts de quelques décimètres à plusieurs mètres de hauteur, sur 10^{m} à 1^{km} de longueur. D'après lui, ces rideaux n'ont aucune relation avec les couches sous-jacentes; cependant « on ne les observe pas sur les sables peu consistants ». Ils sont généralement alignés Ouest-Est et leur répartition est en rapport avec de longues lignes de dislocation.

M. Krampfrath explique de la façon suivante l'origine de ces formes de terrain : La région a été chevauchée, vers le milieu de l'époque miocène, par la plate-forme de Lusace; puis elle a été rapidement nivelée et, à partir de la deuxième glaciation quaternaire, la vallée de l'Elbe s'est affaissée, subissant les effets de cycles d'érosion qui ont préparé le relief actuel. A la fin de l'époque quaternaire un violent tremblement de terre tectonique a ébranlé la partie moyenne de la Saxe ; le sol a été déchiré par d'innombrables fissures et les compartiments ont été poussés les uns contre les autres. Ainsi sont nés les rideaux et des failles ont donné lieu à la formation de fossés. Cet événement séismique est très récent, comme le prouve l'état de conservation de ces accidents dont on voit l'analogue dans les effets de certains séismes historiques du Japon. Les rideaux des environs de Dresde se sont donc, d'après M. Krampfrath, formés passivement; ils témoignent des mouvements profonds qui ont donné à la région sa structure tectonique.

Je ferai remarquer que la description de M. Krampfrath montrant l'analogie des rideaux des affleurements crétacés de la Saxe avec ceux de la craie du bassin anglo-parisien.

(¹) *Geolog. Rundschau*, Leipzig, 1918, Band 9, Heft 1-2, p. 1-29, Taf. I.

EMBRYOLOGIE. — *Sur les premiers stades du développement du glomérule coccygien chez l'homme.* Note de MM. **H. Vallois** et **A. Peyron**, présentée par M. Edmond Perrier.

Primitivement considéré comme une formation atavique, représentant l'artère caudale des Mammifères à queue, le glomérule coccygien est actuellement interprété soit comme un paraganglion (Kohn Schaper), soit comme un glomérule vasculaire artério-veineux. La première opinion invoque les analogies de sa structure avec celle de la glande carotidienne, et surtout le résultat des recherches de Jakobsson (¹) qui avait cru suivre son origine aux dépens du sympathique embryonnaire. En faveur de la seconde plaident l'absence de la réaction chromaffine (Stoerk) et surtout les recherches d'Histologie comparée de V. Schumacher (²), d'après qui les éléments épithélioïdes du glomus adulte dériveraient des cellules musculaires de la média de l'artère sacrée moyenne.

Nous avons repris la question sur une vingtaine d'embryons et fœtus humains du premier au quatrième mois, dont quatre décrits par Jakobsson et pour lesquels nous avons pu faire une étude de revision, grâce à l'obligeance du professeur Hammar.

A 48^{mm}, nous observons l'ébauche du glomus sous forme d'une masse cellulaire en connexions étroites avec la paroi de l'artère sacrée moyenne, mais sans pouvoir préciser leurs rapports exacts. A 75^{mm}, l'artère, avant de contourner la pointe du coccyx, est entourée par un petit amas d'éléments à cytoplasme peu colorable dont les plus internes s'appliquent directement contre la paroi endothéliale et les plus externes se perdent dans le mésenchyme environnant. La tunique musculaire de l'artère fait défaut.

Ce sont surtout les stades de $7^{cm},5$ à 12^{cm} qui, grâce à la comparaison de nos sections transversales et sagittales, précisent la morphologie de l'ébauche. L'artère et la veine sacrée moyenne qui, au niveau de la concavité du coccyx, restaient séparées des corps vertébraux par les deux troncs du sympathique, traversent les faisceaux nerveux pour se rapprocher de la pointe de la dernière vertèbre. Les deux vaisseaux sont alors en rapports de chaque côté avec le cordon sympathique qui gagne progressivement la ligne médiane. L'artère se continue dans le ligament caudal pour se perdre au

(¹) Jakobsson, *Archiv für Mikroskopische Anatomie*, Band 53, 1899.

(²) V. Schumacher, *Ibid.*, Band 71, 1908.

niveau du vestige médullaire et des téguments. La dernière vertèbre coccygienne se trouve donc circonscrite par une anse conjonctivo-vasculaire dont la branche antérieure s'abaisse progressivement, tandis que la branche postérieure correspondant au ligament s'allonge au fur et à mesure. Le glomus, primitivement situé en avant de la vertèbre, s'abaisse ainsi jusqu'à sa pointe. Le paquet vasculo-nerveux est enveloppé et cloisonné par une gaine mésenchymateuse à l'intérieur de laquelle l'ébauche du glomus se constitue, entre l'artère et la veine, aux dépens d'éléments cellulaires d'aspect plus dense et à noyaux serrés. Ces derniers constituent un syncytium dont les travées chromophiles passent progressivement aux mailles plus ténues du mésenchyme environnant. Il n'existe pas de capsule, et la topographie de l'ébauche, bien que modelée par celles de l'artère, reste assez irrégulière. Les noyaux ont des caractères également dérivés de ceux du mésenchyme; ils sont irrégulièrement ovoïdes, pourvus d'un ou deux nucléoles et d'un réseau sur lequel se détachent nettement de petits grumeaux de chromatine. Leurs dimensions l'emportent de beaucoup sur celles des noyaux de la média artérielle. En deux ou trois points se constituent des îlots mal délimités, présentant un cytoplasme dense et sans vacuoles, des noyaux à disposition concentrique et une fine lumière à peine visible, bordée par un endothélium rudimentaire. L'origine de ces lacunes endothéliales est difficile à préciser; nous inclinons à croire qu'elles apparaissent primitivement dans le syncytium et isolément, mais toutefois au voisinage et peut-être au contact de diverticules de la lumière artérielle dont le nombre et les caractères nous échappent encore. Par contre, nous pouvons exclure formellement l'existence primitive d'anastomoses directes, à plein canal entre l'artère et la veine.

Entre les stades de 12^{cm} à 20^{cm}, le tissu conjonctif refoulé par l'accroissement du glomérule commence à se condenser à sa périphérie, mais il n'existe pas de capsule proprement dite. L'ébauche qui s'est allongée présente souvent un ou deux étranglements, au niveau desquels semblent pénétrer des éléments connectifs; en réalité, ceux-ci destinés à constituer ultérieurement les cloisons proviennent, comme les cellules glomérulaires de l'ébauche mésenchymateuse primitive. Le contraste entre les deux types cellulaires est assez net pour qu'on puisse déjà parler d'aspect épithélioïde. Par places, on trouve même des éléments de forme régulièrement polyédrique avec des membranes cellulaires fines et distinctes comme dans le glomus adulte. Toutefois l'orientation périvasculaire n'est jamais complète et des formes de transition entre les cellules épithélioïdes et le syncytium

primitif persistent en de nombreux points sous forme de prolongements filiformes (cytodesmes) attachés à la périphérie de la membrane et destinés à subir ultérieurement la transformation collagène. La multiplication cellulaire s'effectue activement suivant les deux modes direct et indirect. Les formes de transition entre les cellules épithélioïdes et les fibres lisses de la média artérielle sont devenues faciles à suivre en particulier au niveau de leurs noyaux; et si l'on ne tenait pas compte des stades précédents, on pourrait penser que le glomus résulte simplement d'un bourgeonnement de la tunique artérielle.

Conclusions et remarques. — Nos observations permettent d'écarter la théorie de l'origine sympathique : l'ébauche est en effet plus précoce que ne l'avait cru Jakobsson, et les ganglions sympathiques restent toujours situés au-dessus de la pointe du coccyx; le glomus ne peut dériver des deux amas sympathiques indiqués par Jakobsson, puisque, sur le fœtus même où cet auteur signale ces amas, nous avons vérifié l'indépendance de l'ébauche dont l'existence lui avait échappé.

L'origine conjonctivo-vasculaire nous paraît acquise, mais dans un sens un peu différent de celui de Schumacher qui semble retenir exclusivement la prolifération de la tunique musculaire de l'artère. L'architecture syncytiale primitive, les caractères des noyaux, l'indépendance et la multiplicité des lacunes endothéliales nous ont paru constituer un ensemble de caractères assez spécial. Remarquons du reste que par le premier, l'histogenèse du glomérule se rattache à celle du tissu musculaire lisse (C. Mac Gill). Nous n'avons rien observé d'autre part qui vienne à l'appui des conclusions émises par Renaut et Dubreuil sur l'origine des fibres musculaires artérielles aux dépens d'éléments connectifs mobiles de la lignée lymphocytaire [1].

EMBRYOGÉNIE. — *Extension de la notion de métamérie oro-aborale à l'organisation intérieure de la larve des Hexacoralliaires* (Pocillopora cespitosa *Dana*; Seriotopora subulata *Lamarck*). Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai fait précédemment connaître la disposition métamérique primitive que présentent les éléments périodiques de la larve très jeune chez les

[1] Renaut et Dubreuil, *Archives d'Anatomie microscopique*, 1912.

Hexacoralliaires. J'ai indiqué, en même temps, la manœuvre morphologique qui, modifiant de 90° l'orientation de ces éléments, les fait passer de la position horizontale à la position verticale. J'ai enfin abordé l'étude du processus de clivage qui dans un plan dorso-ventral dédouble toutes les ébauches impaires et médianes de la larve, les rejette sur ses flancs droit et gauche, et laisse, de ce fait, sur sa génératrice dorsale médiane, une surface libre de toute structure, mais appelée à être, à brève échéance, sectionnée sur toute sa longueur par la fente buccale. L'ensemble de ces phénomènes étant perceptible à l'examen extérieur, j'ai pu en donner une description sans entrer dans l'étude de l'organisation interne des segments α, β, γ.

Il devient maintenant nécessaire d'aborder cette étude; elle va, d'ailleurs, nous être singulièrement facilitée par l'exposé détaillé de la structure du segment α que j'ai déjà donnée, accompagnée de figures, dans une Note antérieure (¹).

Je me bornerai donc à rappeler ici que le segment α est constitué par quatre éléments disposés suivant une symétrie tétraradiaire parfaite, résultant du développement après clivage de deux ébauches biradiaires antagonistes localisées respectivement, l'une au foyer dorsal, l'autre au foyer ventral de la larve : l'ébauche dorsale donnant naissance au couple α dorsal (couple I.I des auteurs), l'ébauche ventrale, au couple α ventral (couple III.III des auteurs, origine des cloisons directrices ventrales). Une tendance à la régression légère, mais manifeste, porte déjà, dans le segment α, sur son foyer ventral.

Les segments β et γ sont construits sur le même plan d'ensemble; mais ce plan est appelé à subir rapidement d'importantes modifications.

Le segment β présente encore deux foyers, un dorsal et un ventral; mais ce dernier est déjà difficilement observable; il disparaît de très bonne heure, atteint par la régression ventrale; souvent même il fait complètement défaut. Il n'a jamais été décrit par mes prédécesseurs. Quant au foyer dorsal, il évolue comme son homotype supérieur α dorsal et engendre le couple β dorsal qui n'est autre que le couple II.II des auteurs.

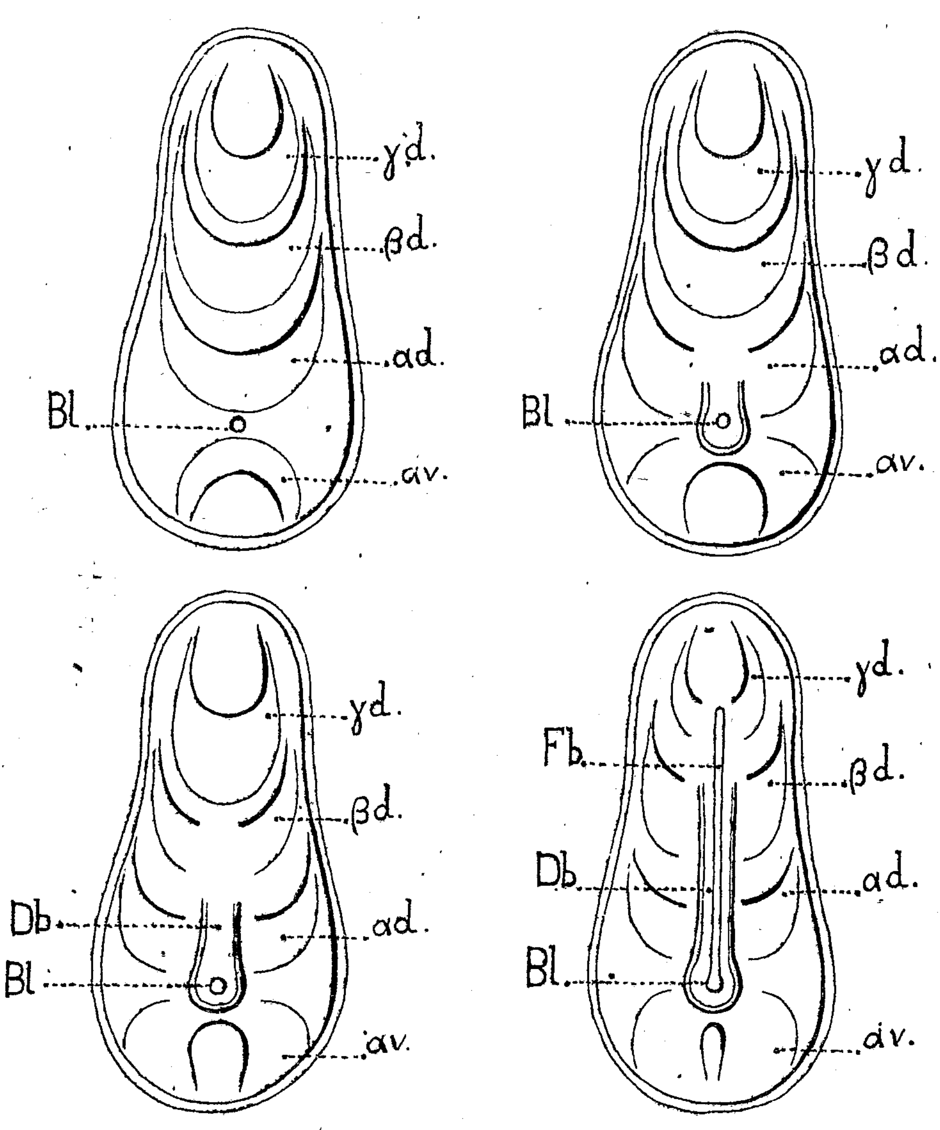
Le segment γ, le dernier apparu de cette série de trois éléments superposés, est aussi le plus fortement touché par l'atrophie ventrale. Je n'ai jamais observé son foyer ventral qui paraît complètement aboli; son foyer dorsal évolue comme ceux des deux autres segments précédents, avec plus de lenteur toutefois; il en résulte le couple γ dorsal (couple IV.IV des auteurs, origine des cloisons directrices dorsales).

Pour désigner les différents couples cloisonnaires de la larve, je viens de me servir simultanément de la notation consacrée par l'usage et de la nomenclature nouvelle à la création de laquelle je me suis vu contraint. Grâce à cette juxtaposition, des rapprochements aisés à faire permettront au lecteur de comprendre comment les notions que j'expose ici se raccordent avec les connaissances classiques.

L'étude plus approfondie des structures superposées, que j'ai désignées sous le nom de *segments*, montre que chacun d'eux est morphologiquement constitué par deux

(¹) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 39.

massifs musculaires antagonistes, origine de l'appareil cloisonnaire de l'adulte, et par deux massifs épithéliaux, dérivés de l'endoderme archentérique, origine des entéroïdes et du complexe entéroïdo-pharyngien.



Figures schématiques représentant la gibbosité dorsale de la larve d'un Hexacoralliaire vue par le pôle oral. α, β, γ, différents segments de la larve; Bl, blastopore; Db, ébauche du disque buccal; Fb, fente buccale.

Les trois formations segmentaires α, β, γ, prises chacune isolément, se trouvent limitées ou plus exactement encadrées oralement et aboralement par de volumineux

bourrelets d'endoderme archentérique qui présentent une forte armature intérieure de mésoglée réfringente perceptible de l'extérieur à travers l'ectoderme, chez l'embryon vivant. Ces bourrelets et leur armature affectent la forme générale d'arceaux disposés les uns au-dessous des autres le long de la génératrice dorsale de la larve, et c'est aux facilités d'observation résultant de ce dispositif, chez *Pocillopora cespitosa*, que je dois d'avoir compris très vite l'organisation segmentaire de la larve des Hexacoralliaires. Les figures schématiques ci-contre donnent une idée de l'aspect de ces formations.

De cet exposé, il importe de retenir que les trois structures superposées accessibles à l'observation par l'examen de la forme extérieure des larves vivantes répondent bien à des réalités anatomiques. Elles sont représentées, à l'intérieur de la cavité archentérique de la jeune larve, par un ensemble d'organes systématisés. Chacune d'elles offre, mais à un degré différent qui va croissant de l'une à l'autre, la manifestation d'un phénomène général d'atrophie ventrale. Elles acquièrent ainsi, en même temps qu'une commune symétrie bilatérale, une physionomie qui leur est propre, sans que jamais ce cachet personnel soit tel qu'il réussisse à voiler à notre connaissance, en chacun des segments α, β, γ, les grandes lignes d'une organisation relevant de la symétrie tétraradiaire décrite chez les Acalèphes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des boues activées sur l'ammoniac de l'eau d'égout et de l'eau ordinaire.* Note de MM. Diénert et Girault, présentée par M. Schlœsing.

Dans une précédente Note [1] l'un de nous a montré comment on obtenait des boues activées. Dans la Note présente nous indiquerons comment des boues activées obtenues avec des eaux d'égout à Colombes faisaient disparaître l'ammoniac et apparaître les nitrates comparativement dans l'eau d'égout et dans l'eau ordinaire additionnée de la même quantité d'ammoniac que l'eau d'égout.

Ces expériences ont été faites en se servant d'allonges mises dans un bain-marie à la température constante de 25°. Dans chaque allonge on plaçait 450^{cm^3} de boues activées, soit environ 12^g de boues séchées à 120°, et 1500^{cm^3} d'eau d'égout ou d'eau ordinaire. On faisait barboter la même quantité d'air dans chaque allonge et l'on arrêtait ce passage d'air quand tout

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 792.

l'ammoniac avait disparu. On notait le temps, puis on dosait les nitrates et les nitrites.

Chaque jour on décantait le liquide des deux allonges et on le remplaçait par un autre liquide de même nature, c'est-à-dire soit par de l'eau d'égout, soit par de l'eau ordinaire additionnée d'ammoniac.

Ces expériences ont duré près de 9 mois (décembre 1918 à août 1919). Nous indiquons dans le Tableau ci-dessous les moyennes mensuelles de nos résultats journaliers.

		Eau d'égout.				Eau ordinaire.			
Mois.	AzH^3 dans le liquide des allonges.	Temps nécessaire à la disparition de AzH^3.	Azote nitrique.	Azote nitreux.	Rapport de AzH^3 disparu au temps de disparition.	Temps nécessaire à la disparition de AzH^3.	Azote nitrique.	Azote nitreux.	Rapport de AzH^3 disparu au temps de disparition
	mg	h m	mg	mg		h m	mg	mg	
Décembre	16,6	2.30	»	»	6,6	2.17	»	»	7,0
Janvier...	13,0	2.00	»	»	6,5	2.00	»	»	6,5
Février...	14,3	3.35	10,0	»	3,9	2.57	10,0	»	4,8
Mars.....	19,3	3.19	15,2	»	5,8	3.12	17,0	»	6,0
Avril....	24,2	3.13	22,8	2,2	7,5	3.12	23,0	2,5	7,6
Mai......	26,4	2.41	25,9	2,5	9,1	2.38	25,9	0,6	9,2
Juin.....	14,6	1.40	12,8	1,2	8,8	1.37	14,1	0,2	9,0
Juillet....	14,5	1.49	9,3	3,4	8,0	1.34	11,4	2,6	9,2
Août.....	12,5	1.23	4,8	5,4	9,0	1.19	10,7	1,1	9,5

Par ces essais nous constatons :

1° Que le temps nécessaire à la disparition de l'ammoniac est le même avec l'eau ordinaire et avec l'eau d'égout. Il serait un peu plus faible cependant avec l'eau ordinaire;

2° Que l'azote nitreux n'apparaît dans les allonges qu'après quelques mois de fonctionnement; il avait tendance à augmenter au fur et à mesure que les boues vieillissaient avec l'eau d'égout; ce phénomène est plus irrégulier avec l'eau ordinaire;

3° Qu'à partir du mois de février la quantité d'ammoniac disparue par unité de temps augmente avec la durée de fonctionnement des boues activées; avec l'eau ordinaire ce phénomène est plus régulier qu'avec l'eau d'égout;

4° Que le temps nécessaire à la disparition de l'ammoniac au mois de février est plus élevé que dans les autres mois; nous observons à cette époque que les boues activées fournissent elles-mêmes à l'eau de l'ammoniac qu'elles

nitrifient ensuite, d'où un temps plus long pour faire disparaître toute réaction au réactif de Nessler.

Le 29 juillet 1919, après une introduction de 20^{g} de carbonate de chaux pur dans chaque allonge, on constate brusquement avec l'eau d'égout la disparition complète de l'ammoniac sans qu'on puisse déceler des nitrates ou des nitrites dans le liquide à la fin du soufflage qui a duré 2 heures. A ce moment, les boues activées fonctionnent depuis 8 mois.

Le lendemain et les jours suivants, le même phénomène se continue. On constate cependant l'apparition temporaire de nitrites pendant le soufflage. Il y a donc dénitrification rapide des nitrites formés dans l'eau d'égout. Avec l'eau ordinaire, la nitrification se fait en deux temps successifs : 1er temps, formation de nitrites; 2e temps formation de nitrates.

Le 5 août, la nitrification se fait en deux temps dans les deux allonges; enfin, à partir du 8 août, la nitrification redevient normale.

Cependant, malgré ces petits incidents, cette expérience montre que la disparition de $Az H^3$ se fait de façon à peu près identique avec l'eau d'égout et avec l'eau ordinaire additionnée d'ammoniac.

BACTÉRIOLOGIE. — *Vitamines pour la culture des bactéries.* Note de MM. **René Legroux** et **Joseph Mesnard**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons étudié quelques caractères des extraits de globules sanguins utilisés par l'un de nous [1] pour obtenir la culture du bacille de l'influenza dans les milieux usuels (macération de viande peptonée) ; nous nous sommes toujours servis de la méthode d'extraction par l'eau physiologique à 80°, et de la filtration à travers la bougie Chamberland F pour la stérilisation du liquide.

La préparation de ces extraits globulaires n'est pas favorisée par une concentration saline plus élevée que celle indiquée précédemment (9 pour 1000), et les quantités de liquide à ajouter aux globules doivent de préférence ne pas être supérieures au double du volume de ceux-ci. Une précaution importante est l'agitation constante pendant toute la durée du chauffage.

La neutralité de l'eau physiologique destinée à l'extraction doit être

---

[1] *Comptes rendus*, t. **167**, 1918, p. 597.

déterminée avec soin : les alcalis même à faible dose détruisent les extraits globulaires en 48 heures à froid et en une minute à 80° ; par contre, l'action des acides forts, 1 pour 10, même à 80°, ne diminue pas sensiblement la valeur activante.

Les substances actives dialysent à travers une membrane de parchemin et un sac de collodion.

Nos extraits en solution aqueuse conservent très longtemps leur activité à l'air ou à l'abri de l'air (vide et hydrogène) à température de 16° à 18° ; après 10 mois, ils activent un milieu à 1 pour 200. Des globules sanguins coagulés par l'alcool, puis séchés et réduits en poudre, contiennent toujours les substances actives que l'on peut reprendre à 80° par l'eau physiologique, mais, après 10 mois, une extraction faite de semblable façon donne un liquide qui n'active plus qu'à 1 pour 50.

La concentration dans le vide des solutions aqueuses et la dessiccation du dépôt à 65° ne détruisent pas le pouvoir activant : repris par l'eau, le dépôt est toujours actif.

Les extraits globulaires ne sont pas nutritifs par eux-mêmes ; la culture du bac. de Pfeiffer y est pratiquement impossible, mais si l'on ajoute à 10^{cm^3} d'extrait aqueux une trace ($\frac{1}{10}$ de centimètre cube) de bouillon de viande peptoné, la culture devient possible. Lorsque nous voulons connaître la valeur activante pour la culture du bac. de Pfeiffer d'une solution d'extrait, nous notons pour une dose déterminée : 1° la rapidité de l'apparition de la culture à 37° ; 2° l'abondance de cette culture ; 3° surtout la durée de la vitalité du microbe.

L'adjonction à un milieu usuel de $\frac{1}{1000}$ d'extrait aqueux provoque après 6 heures d'étuve une culture de moyenne abondance dont la vitalité est en moyenne de 4 jours ; avec $\frac{1}{75}$ d'extrait on obtient une culture abondante dont la vitalité dure 7 jours.

Nous avons cherché la présence de substances activant la culture du b. de Pfeiffer dans les liquides naturels, dans la chair musculaire, dans les organes, de plusieurs espèces animales ; la chair musculaire n'agit qu'autant qu'elle contient des globules rouges ; le muscle d'un petit animal tué par saignée ne contient pratiquement pas de matières activantes, la macération à 80° de muscle de bœuf n'active pas les milieux usuels, bien qu'elle permette la culture de notre bactérie d'épreuve. Les liquides naturels pathologiques ou physiologiques (ascite, liquide placentaire, sérum) traités par notre méthode donnent des solutions très faibles de substances favorisantes n'activant qu'à 1 pour 10, 1 pour 2, parfois à un titre supérieur. La

lymphe de crustacés, dépourvue d'éléments figurés en dehors de quelques leucocytes, est inactive.

Nous avons traité à 80° des pulpes de rein, de cœur, de foie provenant de porcs et de chiens ; ces extraits permettent la culture du b. de Pfeiffer, et même activent les milieux, surtout si l'on emploie les macérations de foie.

Afin d'éliminer l'action favorisante des globules rouges contenus dans ce dernier organe, nous avons utilisé du foie de chien lavé par le passage de 20 litres d'eau physiologique, le chien étant opéré sous chloroforme ; l'extrait de ce foie est toujours activant. Parallèlement, nous avons employé la bile crue du chien : ce liquide, contenant des substances d'origine globulaire, active à 1 pour 500 les milieux de culture. Le chauffage à 100°, pendant 5 minutes, diminue dans la proportion d'un quart l'activité de la macération de foie ainsi que celle de la bile.

Dans la macération de foie faite à 80° la culture du b. de Pfeiffer se produit en quelques heures, après 4 ou 5 jours elle donne au fond du tube un dépôt abondant formé de corps microbiens, le liquide primitivement jaune d'or se décolore, la culture s'y continue à 37° pendant 35 jours en donnant un trouble constant et une augmentation régulière du dépôt ; dès que la culture s'arrête, le liquide se clarifie. Si, à ce moment, on ajoute une trace d'extrait globulaire, le trouble reparaît, pour s'arrêter après quelques jours, plus ou moins tardivement suivant la quantité d'extrait ajoutée ; on réactive à nouveau avec une faible dose d'extrait.

Si nous constituons un milieu contenant un excès d'extrait globulaire (parties égales avec extrait de foie), la vitalité à 37° de notre bactérie se conserve plus de 100 jours, la culture présente un trouble continu, le dépôt microbien toujours augmenté atteint plus de 1^{cm} de hauteur.

On considère jusqu'à présent qu'un milieu nutritif liquide, maintenu à la température optima de multiplication bactérienne, est rapidement épuisé par une culture; nos précédentes expériences nous autorisent à rejeter l'hypothèse, couramment admise de l'élaboration de « produits empêchants »; nous croyons pouvoir dire que la plupart des milieux (provenant de tissus animaux ou végétaux) contiennent plus ou moins de substances favorisant la croissance bactérienne (hormones de croissance), d'autant moins qu'ils ont été chauffés à haute température et qu'ils sont plus alcalins, deux conditions qui, nous l'avons vu, détruisent ces substances. Leur altération se produit lentement dans les milieux qui séjournent à 37°, plus lentement encore à température moyenne 16°, 18°; si le milieu est acide

ou neutre (au rouge de méthyle), la destruction de nos vitamines est presque nulle.

Des faits précédents nous tirerons cette première conclusion :

Les macérations de globules rouges, ou de certains organes, obtenues par notre méthode, contiennent des substances qui sont pour le bacille de Pfeiffer un élément nécessaire à sa croissance.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le polymorphisme des Bactéries*. Note ([1]) de M. A. Paillot, présentée par M. P. Marchal.

Dans une Note sur la pseudograsserie des chenilles de *Lymantria dispar* ([2]), nous avons montré que l'agent de cette maladie, *Bacillus lymantricola adiposus*, pouvait présenter, dans le sang des chenilles inoculées, des formes dites de croissance, tout différentes de la forme type normale (coccobacille se colorant plus intimement aux deux pôles que dans la partie médiane, par les couleurs d'aniline). Elles apparaissent seulement pendant les premières heures qui suivent l'inoculation et sont beaucoup plus nombreuses que les formes normales; après la mort de la chenille, elles disparaissent rapidement. Elles paraissent se former de la façon suivante: le coccobacille s'allonge et se renfle au centre en donnant naissance à une masse plus ou moins arrondie, d'abord douée de mouvements giratoires, puis bientôt immobile. Les deux extrémités du bacille peuvent continuer de s'accroître démesurément; dans ce cas, d'autres prolongements et masses secondaires ou tertiaires peuvent naître qui donnent au complexe microbien l'apparence d'un véritable thalle de champignon.

Nous n'avons observé ces formes géantes que dans le sang des chenilles de *Lymantria dispar*.

Dans celui des « Vers gris », l'aspect est tout autre, les coccobacilles s'allongent plus ou moins et deviennent vacuolaires, un certain nombre, au lieu de s'allonger, se renflent dans la partie médiane tout en restant vacuolaires : il se forme ainsi de véritables anneaux (*fig.* II); on observe quelquefois deux ou plusieurs vacuoles. Après coloration au Giemsa ou au colorant de Hollande, on met souvent en évidence, dans l'anneau, un véritable noyau coloré en rouge pourpre (*fig.* II, *a*). D'ailleurs, dans les fila-

---

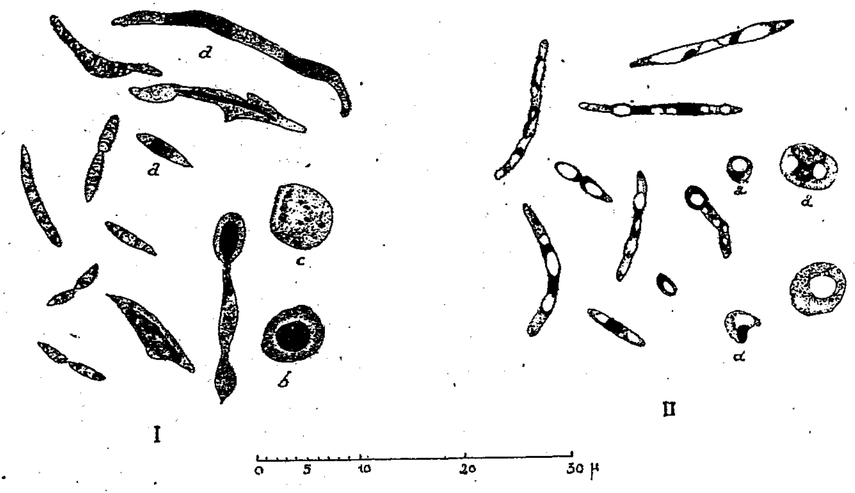
([1]) Séance du 6 avril 1920.

([2]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 258.

ments non renflés, on observe aussi qu'une partie de la substance microbienne possède la réaction colorante de la chromatine.

Du fait de l'allongement des bacilles et de la formation de très longues chaînettes, le sang des chenilles malades devient très filant. Malgré le changement de forme du microbe, la pseudograsserie évolue suivant le processus normal.

Le cas de *Bacillus melolonthæ liquefaciens* γ est plus curieux encore que ceux qui viennent d'être étudiés. En culture depuis plus d'un an, ce microbe, inoculé dans le sang de chenille de *Lymantria dispar* le 21 juin 1919, a donné des formes en général plus grosses et plus allongées que la forme



I. — Formes de croissance de *B. melolonthæ liquefaciens* γ dans le sang de chenilles de *Lymantria dispar*.

II. — Formes de croissance de *B. lymantricola adiposus* dans le sang de « Vers gris ».

normale dans lesquelles il est facile de mettre en évidence, par le Giemsa ou le colorant de Hollande, de véritables noyaux linéaires (voir *fig.* I). Dans certains microbes, cependant, le noyau apparaît comme une masse allongée sans structure apparente (*fig.* I, *a*). Quelques bacilles se renflent et donnent naissance à de véritables cellules, plus ou moins régulièrement arrondies, qui s'isolent ensuite. Les unes sont pourvues d'un noyau central volumineux (*b*); les autres, de granulations disposées sans ordre apparent dans la substance protoplasmique (*c*). Toutes les formes de passage existent entre les bacilles les plus typiques et ces formes nucléées : l'hypothèse d'une infection secondaire est donc hors de cause. Le même microbe

inoculé à d'autres chenilles que celles de *Lymantria dispar* donne toujours la forme coccobacillaire normale. Il semblerait donc que cette forme normale représente un stade dégénéré d'une forme mieux organisée dont l'aspect dans le sang des chenilles de *Lymantria* donne une première idée.

Bacillus pieris liquefaciens, inoculé dans le sang de ces mêmes chenilles, donne aussi, comme les espèces précédentes, des formes bien différentes de la forme coccobacillaire normale : ce sont de très longs filaments plus ou moins sinueux, pouvant présenter de petits bourgeonnements.

De même, *Bacillus liparis*, dans le sang des chenilles de *Pieris brassicæ*, donne des formes plus allongées que dans les cultures sur milieu artificiel ou dans le sang d'autres insectes; beaucoup de ces filaments présentent un petit bourgeonnement dans la partie médiane. Nous avons déjà dit que, dans les cultures sur milieu sucré, ce bacille se présentait souvent sous forme de massue ou d'haltère, mais seulement pendant les premières heures qui suivaient l'ensemencement.

Dans tous les cas qui viennent d'être étudiés, les formes géantes décrites ne peuvent être considérées comme des formes d'involution prenant naissance dans un milieu peu favorable à la multiplication du microbe, mais comme de véritables formes de croissance : le sang des différentes chenilles où prennent naissance les formes géantes constituent, en effet, des milieux très favorables à leur développement et l'infection se propage très rapidement. D'autre part, les espèces microbiennes à formes géantes n'ont donné ces dernières qu'après de nombreux passages sur milieux de culture artificiels.

Le polymorphisme de ces espèces nous apparaît alors comme la résultante de plusieurs facteurs dont les uns doivent être cherchés dans la culture prolongée sur milieu artificiel, les autres dans l'action propre des tissus ou des humeurs des chenilles vivantes sur le parasite inoculé; mais nous ne savons rien sur la nature et sur le rôle de ces différents facteurs.

MÉDECINE. — *Le zinc dans l'organisme humain.*
Note de M. **Sinicha Giaya**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans son *Traité de Chimie-Toxicologie*, 1899, p. 351, J. Ogier a signalé la présence fréquente de zinc dans l'organisme humain. mais il ne consi-

dérait pas encore que cette présence fût constante, ni que le zinc en est un élément normal. Depuis, MM. C. Delezenne (¹) et C. Ghigliotto (²) ont constaté que cette présence était réellement constante; M. Ghigliotto (Directeur du Laboratoire de Toxicologie à l'Institut d'Hygiène de Santiago), en opérant sur les viscères de 62 cadavres, a trouvé, sans qu'il soit question d'une intoxication zincique, 20^{mg} de zinc par kilogramme de viscères. Rost et Weitzel (³), en 1919, indiquent des doses bien plus fortes.

Il nous a paru nécessaire, dans l'intérêt des expertises toxicologiques, de rechercher si, dans d'autres conditions, les résultats si importants obtenus par C. Ghigliotto se vérifiaient et, en même temps, d'étudier la répartition du métal ainsi que les conditions qui influent sur sa présence.

Nous avons pu utiliser, en vue de ces recherches, principalement les matériaux d'expertises en cours au Laboratoire de Toxicologie à la Préfecture de Police. C'est ainsi qu'entre autres, les recherches de zinc ont été effectuées sur les viscères de 14 personnes ayant succombé, ces derniers temps, à des causes de mort suspectes, mais où il n'y avait, en aucun cas, lieu de supposer d'empoisonnement par des sels de zinc.

La méthode employée pour ces recherches comporte :

La destruction des matières organiques (J. Ogier), la précipitation du zinc à l'état de sulfure en milieu acétique, et la purification du sulfure de zinc, de manière à éliminer complètement le fer. Le titrage volumétrique de zinc est finalement effectué au moyen d'une solution de ferrocyanure en présence d'azotate d'urane.

Dans certains cas, nous avons également détruit la matière organique par le procédé de Denigès (acide nitrique et sulfurique), mais seulement lorsqu'il s'agissait d'un poids de matières ne dépassant pas 200^{g}.

Les deux procédés nous ont d'ailleurs donné des résultats assez concordants. C'est celui d'Ogier qui paraît plutôt indiqué lorsqu'il s'agit, non pas seulement d'une recherche de zinc, mais d'une expertise toxicologique complète.

Voici quelques détails : Après broyage des organes on prélève un échantillon moyen, qui est traité en vue de la destruction des matières organiques (s'il s'agit de celle d'Ogier, on ajoute $\frac{1}{10}$ en poids de chlorate de potasse et l'on fait agir le gaz chlorhydrique). Le produit de la destruction est réduit par le gaz sulfureux ; après en avoir chassé l'excès rapidement par ébullition, on traite par l'hydrogène sulfuré. Le préci-

(¹) C. Delezenne, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 33, février 1919.

(²) C. Ghigliotto, *Annales des Falsifications et des Fraudes*, 1919, p. 12, 123-124.

(³) Rost et Weitzel, *A. a. Reichsgesundheitsamte*, p. 494, août 1919 ($0^{g},145$ pour 1000 dans le foie et $0^{g},0125$ dans le cerveau).

pité est séparé par filtrage. Le liquide est concentré de manière à chasser le plus fort excès d'acide chlorhydrique, on ajoute un peu d'eau et l'on sursature légèrement avec de l'ammoniaque. Après réacidulation par l'acide acétique on précipite de nouveau par l'hydrogène sulfuré Le précipité des sulfures obtenus est dissous dans l'acide chlorhydrique étendu, on évapore à sec, on reprend par l'acide chlorhydrique étendu. Après ébullition en présence d'un léger excès de brome pour peroxyder le fer, on précipite ce dernier par l'ammoniaque. On filtre, on acidule par l'acide acétique. Le zinc est ensuite précipité par l'hydrogène sulfuré à l'état de sulfure pur, qu'on dissout finalement dans de l'acide chlorhydrique étendu dont on chasse l'excès par évaporation.

Le titrage volumétrique du zinc est alors effectué sur une solution acétique du résidu dont le volume est amené à 5^{cm^3}. 1^{cm^3} de la liqueur de ferrocyanure (à $2^g,817$ par litre) correspond à $0^g,001$ de zinc.

Au lieu d'opérer à la touche pour obtenir le virage de l'azotate d'urane, on en ajoute cinq gouttes (d'une solution à 10 pour 100) dans le liquide à titrer. Il est indispensable comme correction de retrancher du volume de la liqueur employée celui qui est nécessaire pour le virage au rouge dans un liquide exempt de zinc.

Bien entendu, nous avons procédé comme dans toutes expertises toxicologiques, aux vérifications destinées à éviter les erreurs dues à quelque introduction accidentelle du zinc au cours de nos expériences : contrôle de la pureté des réactifs, des vases et, même, recherche des traces de zinc dans l'atmosphère du laboratoire (peint au blanc de zinc) [1].

Enfin, comme dernier contrôle, nous avons ajouté à des viscères, dont la teneur en zinc avait été déterminée, un poids connu de zinc, et nous avons constaté qu'on retrouve à $0^g,0001$ près (limite de sensibilité de notre procédé) la totalité du zinc introduit.

Les résultats d'une série d'expériences sont résumés dans le Tableau suivant :

	Poids des viscères.	Quantité analysée.	Zinc trouvé.	Zinc pour 1000.	Zinc en totalité.	Procédé de destruction.
Fœtus total (420^g)....		100^g	$0^g,003$		$0^g,0126$	Ogier
Enfant de 3 mois.....	1130^g	282	0,0025	$0^g,0088$	0,0099	Ogier
Jeune femme........	5130	1182	0,0177	0,0145	0,0768	Ogier
Jeune homme de 18 ans.	5325	1331	0,0205	0,0154	0,0820	Ogier
» » .	5325	100	0,0016	0,0160	0,0852	Denigès
Femme de 24 ans....	5350	670	0,0138	0,0205	0,1101	Ogier
Femme de 40 ans....	3530	882	0,0230	0,0260	0,0920	Ogier
Homme âgé..........	5655	200	0,0082	0,0410	0,2318	Deniges
Homme de 70 ans....	6735	400	0,0192	0,0480	0,3232	Ogier

(1) 200^{l} d'air ont été filtrés sur coton sans qu'aucune trace de zinc n'ait été trouvée sur ce coton.

L'étude de la répartition du zinc dans les viscères nous a montré en outre qu'elle correspond *par organe* à l'ordre décroissant suivant : *cerveau, poumons, estomac, foie, reins, intestin, cœur, rate.*

L'urine en contient fort peu ($0^g,00017$ par litre), le lait de femme environ $0^g,0013$ par litre.

En résumé, cette série d'expériences montreraient que la présence du zinc est constante dans les viscères humains, mais que la proportion y augmente avec l'âge du sujet. Elle varierait ainsi depuis l'enfant de 3 mois jusqu'à l'homme de 70 ans de $0^g,0009$ à $0^g,005$ pour 100.

C'est-à-dire que le zinc paraît un élément normal de l'organisme humain; mais à côté du zinc normal, des rapports incessants au cours de la vie viennent en produire dans les viscères l'accumulation de quantités *pseudo-normales*, en somme analogues, bien qu'infiniment supérieures, aux traces *pseudo-normales d'arsenic* définies par M. E. Kohn Abrest (1).

Au point de vue de la pratique des expertises toxicologiques, nos expériences montrent enfin qu'il n'y a pas lieu d'attacher, dans les conclusions, de l'importance à la présence de petites doses appréciables de zinc, même si elles atteignent $0^g,005$ pour 100 de l'échantillon moyen des viscères.

M. **Raphaël Dubois** adresse une Note intitulée : *Sur la physiologie générale de la substance vivante ou bioproteon.*

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

(1) *Bull. Soc. Méd. légale*, 1918.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JANVIER 1920.

Dictionnaire de physiologie, par CHARLES RICHET; premier fascicule du tome X. Paris, Félix Alcan, s. d.; 1 vol. 28cm, 5. (Présenté par M. Charles Richet.)

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par ALBERT Ier, *prince souverain de* MONACO, publiés sous sa direction, avec le concours de JULES RICHARD; fascicule LII : *Poissons provenant des campagnes du yacht « Princesse-Alice » (1891-1913) et du yacht « Hirondelle II » (1914)*, par LOUIS ROULE. Imprimerie de Monaco, 1919; 1 vol. 36cm. (Présenté par S. A. S. le Prince de Monaco.)

Les progrès de la Chimie en 1918. Traduction française autorisée des *Annual reports on the progress of chemistry for* 1918, issued by the CHEMICAL SOCIETY, publiée sous la direction de ANDRÉ KLING. Paris, Gauthier-Villars, 1920; 1 vol. 23cm. (Présenté par M. Haller.)

L'essor des industries chimiques en France. Ressources et avenir de ces industries, par EUGÈNE GRANDMOUGIN. Paris, Dunod, 1919; 1 vol. 25cm.

Flore générale de l'Indo-Chine, publiée sous la direction de H. LECOMTE; tome II, fascicule 5 : *Légumineuses : papilionées* (fin), par F. GAGNEPAIN; *rosacées*, par J. CARDOT. Paris, Masson, 1920; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Lecomte.)

Résumé des principaux travaux exécutés pendant la guerre au laboratoire aérodynamique Eiffel (1915-1918), par G. EIFFEL. Paris, E. Chiron, 1919; 1 vol. 32cm. (Présenté par M. l'amiral Fournier.)

Le crâne et ses rapports avec la taille, la grande envergure, le buste, le pied chez les criminels, par CHARLES PERRIER. Paris, A. Maloine, et Lyon, A. Rey, 1920; 1 vol. 25cm.

Le Callovien du Chalet, commune de Montreuil-Bellay (M.-et-L.), par OLIVIER COUFFON. Angers, G. Grassin, 1919; 1 vol. de texte, 23cm, et 1 vol. de planches, 33cm. (Présenté par M. Haug.)

L'équilibre des substances hétérogènes, exposé abrégé par WILLARD GIBBS, traduit et complété de notes explicatives par GEORGES MATISSE. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol. 19cm.

Contribution à la physiologie de la vision, par sir CHARLES WHEATSTONE, traduit de l'anglais, complété par des conseils pratiques et des planches d'exercices pour faciliter la vue à l'œil nu du relief des clichés stéréoscopiques, par PIERRE-TH. DUFOUR. Lausanne, Imprimerie de la Concorde, 1919; 1 vol. 28cm. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

Pensées sur la science, la guerre, et sur des sujets très variés, glanées par MAURICE LEGAT. Bruxelles, Maurice Lamertin, 1919; 1 vol. 25cm.

Mesures pratiques de radioactivité, par W. MAKOWER et H. GEIGER, traduit de l'anglais par E. PHILIPPI. Paris, Gauthier-Villars, 1919; 1 vol, 23cm.

Fondation Teyler. *Catalogue de la bibliothèque*, dressé par J. J. VERWIJNEN; tome IV, 1904-1912. Harlem, Loosjes, 1915; 1 vol. 28cm,5.

ERRATA.

(Séance du 22 mars 1920.)

Note de M. *A. Lacroix*, Les roches éruptives du Crétacé pyrénéen et la nomenclature des roches éruptives modifiées :

Page 688, ligne 6 en remontant, *au lieu de* dente, *lire* dente (²). Transporter en note (²) l'indication concernant les *Comptes rendus* dans la note (¹) de la page 689.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 AVRIL 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur le Gavial fossile de l'Omo.* Note [1] de M. G.-A. BOULENGER.

Comme le dit M. L. Joleaud dans sa Note sur le *Tomistoma Brumpti* [2], le fragment de rostre figuré par M. E. Haug dans son *Traité de Géologie*, pl. 130, fig. *c*, se distingue de tous les *Tomistoma* connus par les encoches entre les dents maxillaires et, j'ajouterai, par la direction plus oblique de la base de celles-ci, caractères que l'on peut constater sur des crânes du *Gavialis gangeticus* de la taille du sujet figuré. En outre, caractère plus important encore, les maxillaires forment une longue suture derrière les prémaxillaires, ce qui distingue le genre *Gavialis* du genre *Tomistoma*, chez lequel les prémaxillaires touchent aux nasaux. Ce fragment de rostre, sur lequel l'espèce nouvelle est fondée, montre les alvéoles des cinq premières dents maxillaires et le prémaxillaire ne s'étend en arrière que jusqu'au niveau de la troisième, comme chez le *Gavialis gangeticus*.

Je suis convaincu que le *Tomistoma Brumpti* est un *Gavialis* et je ne trouve aucun caractère qui permette de distinguer le rostre qui en est le type de celui de l'espèce vivant dans le Gange et l'Indus et qui est connu aussi du Pliocène de l'Inde (monts Siwaliks).

En attendant la découverte de restes moins fragmentaires, je pense qu'il convient de rapporter le Gavial fossile de l'Omo au *Gavialis gangeticus*, qui aurait été associé en Afrique à des types caractéristiques de la faune éthio-

---

(1) Séance du 12 avril 1920.
(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 816.

pienne actuelle, mais qui vivaient aussi dans le nord de l'Inde aux époques pliocène et miocène supérieure, tels que *Hippopotamus*, *Giraffa*, *Bubalis*, *Oreas* et *Struthio*.

ZOOLOGIE. — *Sur la faune marine de la côte occidentale du golfe de Marseille.* Note (¹) de M. A. VAYSSIÈRE.

Le professeur Marion en 1884, dans son étude faunistique *Esquisse d'une topographie du golfe de Marseille*, a surtout fait connaître les animaux de la partie comprise entre la côte et les îles de Pomègue et Ratonneau; cette région qui forme le fond du golfe n'offre pas de profondeur dépassant 40^m à 50^m, sa faune se trouve par suite avoir un faciès côtier que l'on ne constate pas à l'entrée du golfe, aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest, dès que l'on s'éloigne à 1^{km} ou 2^{km} des côtes.

Depuis une vingtaine d'années, voulant continuer cette étude faunistique, je me suis attaché à l'exploration de la côte occidentale, entre l'anse de Méjean et le port de Carro; les fonds descendent ici assez rapidement à 60^m, 80^m et même 100^m dès que l'on se trouve à 2^{km} ou 3^{km} au large. La faune de cette région offre un faciès assez différent de celui du fond du golfe; son étude m'a permis de constater en ce point la présence de nombreux types non signalés par Marion et parmi eux certains sont nouveaux pour la science.

Avant de donner la liste de ces animaux, j'indiquerai brièvement les raisons pour lesquelles le golfe de Marseille présente une faune spéciale assez différente, plus restreinte que celle des côtes de la région de Nice. Tandis que celle-ci paraît être constituée par un mélange d'animaux nés et ayant prospéré sur place, associés à des êtres divers amenés du Sud par les courants souvent à l'état de larves qui se sont transformées en arrivant en ce point, dans la région du golfe de Marseille, cette dernière cause a agi très peu sur la constitution de sa faune, les courants marins remontant le long des côtes d'Espagne, en arrivant en face des bouches du Rhône, sont renvoyés plus ou moins au large par les eaux de ce fleuve pour continuer leur course vers Nice et Monaco. Ce ne sont que quelques courants secondaires, poussés par les vents du large qui parviennent à l'entrée du golfe, du côté du cap Couronne; là encore le plus souvent ils sont également renvoyés

(¹) Séance du 12 avril 1920.

vers l'Est par la saillie de ce promontoire, à moins qu'ils n'arrivent à l'éviter.

Les animaux pélagiques que nous voyons de loin en loin, entre le port de Carro à l'Ouest et la pointe de Montredon à l'Est, sont amenés par ces derniers courants qui ne pénètrent à peu près jamais dans le fond du golfe, les îles de Pomègue et de Ratonneau les arrêtant de nouveau et les renvoyant vers Cassis et Toulon. Il faut un vent du large assez fort, avec une mer presque calme, pour faire pénétrer quelques-uns de ces animaux (Vélelles, Méduses, Salpes, Pyrosomes, Béroès, etc.) dans la région comprise entre ces îles et les ports de Marseille.

En résumé, les courants marins les plus importants sont renvoyés bien à l'Est vers Nice par les eaux du Rhône ; la plupart des autres courants sont déviés par la disposition des côtes (la saillie du cap Couronne) qui défend l'entrée du golfe, les renvoyant vers Toulon; ce ne sont donc que les quelques courants secondaires qui poussés par les vents du large arrivent à pénétrer dans le golfe. L'apport en larves est par suite très réduit et parmi elles il y en a peu qui soient sur le point de se transformer, leur présence dans cette région ne peut donc avoir aucun effet réel sur la constitution de la faune de notre golfe.

Les triages nombreux, exécutés depuis 20 ans dans les fonds de filets que les pêcheurs de Carry m'apportent journellement pendant les trois mois d'été, m'ont permis de me faire connaître l'ensemble de la faune de cette région; j'ai pu ainsi constater en ce point la présence en nombre de beaucoup d'espèces que Marion récoltait très rarement dans le fond du golfe, ainsi que de beaucoup de types nouveaux pour cette partie des côtes provençales, quelques-uns même constituent des espèces nouvelles.

La plupart de ces êtres habitent dans les fonds vaseux, par 60^m à 80^m de profondeur, au milieu des enrochements qui émergent de la vase et qui sont couverts par d'importantes colonies de Bryozoaires (*Lepralia fascialis* et *Porella cervicornis*); c'est au milieu de ces enrochements, situés à 3^{km} ou 4^{km} au large du port de Carry, que se prennent les langoustes qui sont ici l'objet d'une pêche importante; par contre, les homards sont peu abondants, on n'en capture guère plus d'un exemplaire contre 25 à 30 langoustes.

Les Cœlentérés nous ont donné : *Paralcyonium elegans* M. Edw., *Leptogorgia viminalis* Pall., *Muricea placomus* Ehrb., *Pennatula rubra* Ell., *Funiculina quadrangularis*, *Balanophyllia italica* M. Edw., *Antennularia antennina* Lamx, *Aglaophenia myriophyllum* Pall. et *Lucernaria campanulata* Lamx.

Les Échinodermes : *Dorocidaris papillata* A. Agass., *Arbacia pustulosa*

Gray, très nombreux *Echinus acutus* Leuck et *melo* Leuck, un *Diadema* (*Centrostephanus*) *longispinus* Phil., des *Astrophyton arborescens* Rond, nombreux *Astropecten aurantiacus* Gray, *Palmipes membranaceus* Linck, des *Stichopus regalis* Selk. et un *Labidoplax* (*Synapta*) *digitata* J. Muller.

En fait de VERS, je ne signalerai que quelques *Myxostoma cirriferum* Leuck, pris sur des *Antedon phalangium* Mull. et des *Hyalinœcia tubicola* Mull.; ainsi que quelques GÉPHYRIENS : *Thalassema Neptuni* Gœrtner et *Bonellia viridis* Nardo.

Comme CRUSTACÉS : *Cthalamus stellatus* Brug., *Lepas pectinata* Spengl., *Penœus caramote* Desm., *Calappa granulata* Fabr. et *Eupagurus Prideauxii* Leach.

Les MOLLUSQUES sont très nombreux, surtout au milieu de ces bancs de Bryozoaires ou bien dans la vase de ces fonds : *Dentalium panormeum* et *novemcostatum*, ainsi que *Siphonodentalium lofotense* M. Sars.

Les ACÉPHALES : *Lasea rubra* Mtg., *Lembula* (*Leda*) *commutata* Phil. et *pella* L., *Pecten pesfelis* L. et *testœ* Bivona, *Isocardia cor.*, *Tapes aurea* Gmel (*florida* Lamk.), *Neæra cuspidata* Oliv. et *costellata* Desh.

Les GASTÉROPODES PROSOBRANCHES : *Cerithium alucastrum* Broc., *Solarium luteum* Lamk., *Skenea planorbis* Fabr., *Homalogyra atomus* Phil., *Neosimnia* (*Ovula*) *spelta* L. et *purpurea* Risso, *Ovula adriatica* Sow., et *carnea* Gmlin.

Les G. OPISTHOBRANCHES : *Pleurobranchea Meckeli* Lem., *Umbrella mediterranea* Lamk., *Tylodina citrina* Joaw., *Archidoris marmorata* Garst. (var. *lutea* A. Vayssière), *Discodoris rubens* A. Vayss., *Carryodoris Joubini* A. Vayss., *Lamellidoris Bouvieri* A. Vayss., *Idalia elegans* Leuck, *Idalia Dautzenbergi* A. Vayss., *Madrella aurantiaca* A. Vayss. et *Eliotia Souleyeti* A. Vayss.

Je terminerai par les quelques POISSONS, capturés depuis 1900, à un ou deux exemplaires seulement : *Zygœna malleus* Risso, *Centrina Salviani* Risso, *Selache maximus* ♂, *Trachypterus iris* Cuv. et Val. et *Spinolæ;* enfin un beau *Regalecus gladius* Walb.

CORRESPONDANCE.

M. MICHELSON, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Émile Yung, *Zoologie des Invertébrés* (*Achordata*). Ouvrage terminé par E. Guyénot. (Présenté par M. Y. Delage.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriétés nouvelles de certaines classes très générales de fonctions entières ou méromorphes*. Note de M. **Gaston Julia**.

I. J'ai montré antérieurement [1] qu'à toute fonction méromorphe $f(z)$, douée de valeur asymptotique, et à tout nombre $\sigma[|\sigma|>1]$ correspondait un ensemble E_σ, en chaque point duquel la famille de fonctions $f_n(z)=f(\sigma^n z)$ n'était pas normale. J'ai donné aussi l'exemple de fonctions ayant un point singulier essentiel isolé à l'infini, sans valeur asymptotique, et pour lesquelles E_σ n'existe pas [2]. On peut se proposer de chercher des conditions *nécessaires* pour que E_σ n'existe pas. Voici quelques résultats assez généraux.

Lorsque E_σ n'existe pas, l'une ou l'autre des deux circonstances suivantes se réalise.

1° Quel que soit z_0, *la suite des valeurs* $Z_n=f(z_0\sigma^n)$ *est dense dans tout le plan* Z, c'est-à-dire qu'aux points $z_0\sigma^i$, $f(z)$ *se rapproche arbitrairement de toute valeur finie ou infinie*.

2° Ou bien il existe un point z_0 et une valeur a pour laquelle $|f(z_0\sigma^n)-a|>\varepsilon$ quel que soit n. Alors le nombre des racines de $f(z)-a=0$ dans toute couronne circulaire (r, R) de centre O est inférieur à un nombre $M\left(\frac{R}{r}\right)$ ne dépendant que du rapport $\frac{R}{r}$ et tendant vers l'infini avec $\frac{R}{r}$. On en déduit que l'*exposant de convergence de la suite de ces racines est nul*. Comme le fait se produit pour toute valeur voisine de a, *l'ordre de* $f(z)$ *ne peut différer de zéro*. Les fonctions entières $G(z)$ et $G_1(z)$ dont $f=\frac{G_1}{G}$ est le quotient [G étant un produit canonique] sont *toutes deux d'ordre zéro*.

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 718.
(2) Hors l'origine et l'infini.

Pour toute fonction méromorphe d'ordre non nul, ou bien l'ensemble E_σ *existe, avec toutes les propriétés qu'on lui a reconnues, ou bien l'on a la propriété* 1°.

II. Des considérations analogues permettent, deux nombres complexes ω_1 et ω_2 étant donnés ([1]), dont le rapport n'est pas réel, d'étudier la famille des $f_{p,q}(z) = f(z + p\omega_1 + q\omega_2)$ $(p, q = \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm \infty)$. On se sert de la notion d'ordre de croissance d'une fonction ou d'une suite. Les conclusions sont les suivantes :

1° Ou bien *il existe un point* z_0, *autour duquel les* $f_{p,q}(z)$ *ne forment pas une famille normale;* dans les aires $\mathcal{D}_0 + p\omega_1 + q\omega_2$, aussi petite que soit $\mathcal{D}_0$ entourant z_0, $f(z)$ prendra une infinité de fois toute valeur, sauf deux au plus. z_0 fait alors partie d'un ensemble E_{ω_1,ω_2} de points jouissant de la propriété précédente.

2° Ou bien, *quel que soit* z_0, *la suite des valeurs* $Z_{p,q} = f(z_0 + p\omega_1 + q\omega_2)$ *est dense dans tout le plan* Z, sans que l'ensemble E_{ω_1,ω_2} ait de points à distance finie.

3° Ou bien il existe un point z_0 et une valeur a pour laquelle

$$|f(z_0 + p\omega_1 + q\omega_2) - a| > \varepsilon,$$

quels que soient p et q, entiers, positifs ou négatifs, l'ensemble E_{ω_1,ω_2} n'ayant pas de points à distance finie. Alors le nombre de racines de $f(z) - a = 0$ dans tout parallélogramme de périodes sera inférieur à un nombre fixe N, et par conséquent dans un cercle de rayon r, le nombre de ces racines sera au plus de l'ordre de r^2. *L'exposant de convergence de la suite de ces racines sera* $\leqq 2$, aussi bien pour les racines de $f(z) - a = 0$ que pour les racines de $f(z) - b = 0$, b étant suffisamment voisin de a, par exemple $|b - a| < \frac{\varepsilon}{2}$, *$f(z)$ ne peut donc être d'ordre supérieur à* 2.

Les fonctions elliptiques de périodes ω_1 et ω_2 remplissent les conditions actuelles, $f_{p,q}(z) = f(z)$, E_{ω_1,ω_2} n'existe pas, le nombre des racines de $f - a = 0$ dans tout parallélogramme de périodes est fixe quel que soit a.

Pour toute fonction méromorphe ou entière d'ordre > 2:

1° Ou bien, quel que soit z_0, ω_1 et ω_2 étant donnés quelconques, les valeurs $f(z_0 + p\omega_1 + q\omega_2) = Z_{p,q}$ sont denses dans tout le plan Z.

([1]) On les appellera *périodes* pour abréger le langage.

2° Ou bien l'ensemble E_{ω_1,ω_2}, des points autour desquels la famille des $f_{p,q}(z) = f(z + p\omega_1 + q\omega_2)$ n'est pas normale, a certainement une infinité de points à distance finie. Cet ensemble reste invariable par toute translation $p\omega_1 + q\omega_2$.

Dans le premier cas, $f(z)$ *s'approche de toute valeur a aux sommets d'un réseau quelconque de parallélogrammes* (1).

Dans le deuxième cas, exception faite peut-être pour deux valeurs exceptionnelles de a, on peut, quel que soit a, trouver une infinité de racines de $f(z) - a = 0$, $z_1(a)$, $z_2(a)$, ..., $z_n(a)$, ... auxquelles correspondront une infinité de sommets du réseau $z_0 + p\omega_1 + q\omega_2$ (z_0 étant un point fixé de E_{ω_1,ω_2}), notés par $z_0 + p_n\omega_1 + q_n\omega_2$, de façon que *la différence*

$$[z_n(a) - (z_0 + p_n\omega_1 + q_n\omega_2)]$$

tende vers zéro quand n grandit indéfiniment. Naturellement, la suite des (p_n, q_n) dépendra de la valeur a choisie.

Les deux propriétés précédentes ne sont d'ailleurs pas exclusives l'une de l'autre.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions de première classe.* Note (2) de M. W. Sierpiński.

Le but de cette Note est de démontrer le théorème suivant, analogue au théorème connu de M. Lebesgue sur les fonctions de première classe :

Théorème. — *Pour qu'une fonction discontinue d'une variable réelle $f(x)$ soit une fonction de première classe, il faut et il suffit que les ensembles plans*

$$E_1 = E[f(x) > y] \quad \textit{et} \quad E_2 = E[f(x) < y]$$

soient des ensembles $\mathfrak{F}_\sigma$ (c'est-à-dire des sommes d'infinités dénombrables d'ensembles fermés).

Dans le théorème de M. Lebesgue il s'agit des ensembles *linéaires*

$$E[f(x) > a] \quad \text{et} \quad E[f(x) < a],$$

où a est une constante.

---

(1) On peut préciser davantage, mais il faudrait sortir du cadre bref de la présente Note; ceci sera développé dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

(2) Séance du 6 avril 1920.

Chez nous $E[f(x) > y]$ désigne l'ensemble de tous les points (x, y) du plan qui satisfont à l'inégalité $f(x) > y$.

Démonstration. — Soient $f(x)$ une fonction de première classe, $f_n(x)$ $(n = 1, 2, 3, \ldots)$ une suite de fonctions continues, convergente vers $f(x)$. On vérifie sans peine les égalités

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} E[f(x) > y] = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} \prod_{n=p}^{\infty} E\left[f_n(x) \geqq y + \frac{1}{k}\right], \\ E[f(x) < y] = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{p=1}^{\infty} \prod_{n=p}^{\infty} E\left[f_n(x) \leqq y + \frac{1}{k}\right]. \end{array} \right.$$

Or, les fonctions de deux variables réelles $\mathcal{F}(x, y) = f_n(x) - y$ étant continues, les ensembles

$$E\left[f_n(x) \geqq y + \frac{1}{k}\right] = E\left[f_n(x) - y \geqq \frac{1}{k}\right] \quad \text{et} \quad E\left[f_n(x) \leqq y - \frac{1}{k}\right]$$

sont fermés. Un produit d'ensembles fermés étant fermé, les formules (1) démontrent donc que les ensembles E_1 et E_2 sont des $\mathcal{F}_\sigma$. La condition de notre théorème est donc nécessaire.

Soit maintenant $f(x)$ une fonction discontinue donnée d'une valeur réelle x, telle que les ensembles (plans)

$$E_1 = E[f(x) > y] \quad \text{et} \quad E_2 = E[f(x) < y]$$

sont des $\mathcal{F}_\sigma$. Nous pouvons donc poser

$$(2) \qquad E_1 = \mathcal{F}_1 + \mathcal{F}_2 + \mathcal{F}_3 + \ldots \quad \text{et} \quad E_2 = \mathcal{H}_1 + \mathcal{H}_2 + \mathcal{H}_3 + \ldots,$$

où $\mathcal{F}_n$ et $\mathcal{H}_n$ $(n = 1, 2, 3, \ldots)$ sont des ensembles plans fermés et bornés. Posons

$$(3) \qquad \mathcal{S}_n = \mathcal{F}_1 + \mathcal{F}_2 + \ldots + \mathcal{F}_n \quad \text{et} \quad \mathcal{F}_n = \mathcal{H}_1 + \mathcal{H}_2 + \ldots + \mathcal{H}_n,$$

ce seront donc des ensembles plans fermés et bornés.

Soient n un nombre naturel donné, x_0 un nombre réel donné, $y_0 = f(x_0)$. Je dis qu'il existe un nombre positif ε tel que la partie de l'ensemble $\mathcal{S}_n$ contenue entre les droites $x = x_0 - \varepsilon$ et $x = x_0 + \varepsilon$ est entièrement au-dessous de la droite $y = y_0$. En effet, admettons qu'un tel nombre ε n'existe pas. Il existerait donc pour tout k naturel un point $p_k(x_k, y_k)$ de $\mathcal{S}_n$ tel que $|x_k - x_0| < \frac{1}{k}$ et $y_k \geqq y_0$. L'ensemble $\mathcal{S}_n$ étant borné, il en est de

même avec la suite p_k ($k = 1, 2, 3, \ldots$); on peut donc extraire de cette suite une suite convergente : soit $p(\xi, \eta)$ sa limite. D'après $|x_k - x_0| < \frac{1}{k}$ et $y_k \geqq y_0$ ($k = 1, 2, 3, \ldots$), nous aurons $\xi = x_0$ et $\eta \geqq y_0$; or, $\mathcal{S}_n$ étant fermé, le point $p(\xi, \eta)$ appartient à $\mathcal{S}_n$, donc aussi à E_1. Or c'est impossible, puisque $\eta \geqq y_0 = f(x_0) = f(\xi)$.

Par le même raisonnement on pourrait démontrer qu'il existe pour le nombre x_0 un nombre $\eta > 0$ tel que la partie de l'ensemble $\mathcal{F}_n$ contenue entre les droites $x = x_0 - \eta$ et $x = x_0 + \eta$ est au-dessus de la droite $y = y_0$. Soit δ un nombre positif $< \varepsilon$ et $< \eta$: les parties de $\mathcal{S}_n$ et $\mathcal{F}_n$ contenues entre les parallèles $x = x_0 - \delta$ et $x = x_0 + \delta$ seront donc la première au-dessous, la seconde au-dessus de la droite $y = y_0$. Le nombre n étant fixe, à tout nombre réel x_0 correspond ainsi un nombre positif $\delta = \delta(x_0)$.

Soit (a, b) un intervalle fini donné quelconque. Tout point x de (a, b) est intérieur à un intervalle correspondant $d(x) = [x - \delta(x), x + \delta(x)]$: d'après le théorème de M. Borel, il existe donc un nombre fini de ces intervalles, $d(x_i) = (a_i, b_i)$ ($i = 1, 2, \ldots, m$), recouvrant (a, b), et l'on peut évidemment supposer que nous avons

$$a_1 < a < a_2 < b_1 < \ldots < a_i < b_{i-1} < a_{i+1} < b_i < \ldots < a_m < b_{m-1} < b < b_m.$$

Posons

$$f_n(a) = f_n(a_2) = f(x_1); \quad f_n(b_{i-1}) = f_n(a_{i+1}) = f(x_i) \quad (i = 1, 2, 3, \ldots, m-1);$$
$$f_n(b_{m-1}) = f_n(b) = f(x_m),$$

et définissons la fonction $f_n(x)$ dans l'intervalle (a, b) par la condition d'être linéaire dans les intervalles (a, a_2), (a_2, b_1), (b_1, a_3), (a_m, b_{m-1}), (b_{m-1}, b); ce sera donc une fonction continue pour $a \leqq x \leqq b$ et l'on voit sans peine que les parties de $\mathcal{S}_n$ et $\mathcal{E}_n$ contenues entre les droites $x = a$ et $x = b$ sont la première au-dessous, la seconde au-dessus de la ligne brisée $y = f_n(x)$.

Je dis que nous avons

$$\lim_{n=\infty} f_n(x) = f(x) \qquad \text{pour } a \leqq x \leqq b.$$

En effet, soit x_0 un nombre donné de (a, b), $y_0 = f(x_0)$, ε un nombre positif donné. Le point $p_1(x_0, y_0 - \varepsilon)$ appartient à E_1 et le point $p_2(x_0, y_0 + \varepsilon)$ à E_2 [puisque $y_0 - \varepsilon < f(x_0) < y_0 + \varepsilon$] : il existe donc, d'après (2) et (3), un indice k tel que p_1 appartient à $\mathcal{S}_n$ et p_2 à $\mathcal{F}_n$ pour $n \geqq k$.

Donc p_1 est au-dessous et p_2 au-dessus de la ligne $y = f_n(x)$, c'est-à-dire

$y_0 - \varepsilon < f_n(x_0) < y_0 + \varepsilon$. Il existe donc, pour tout $\varepsilon > 0$, un indice k tel que $|f_n(x) - y_0| < \varepsilon$ pour $n \geqq k$, ce qui démontre que la suite $f_n(x_0)$ converge vers $y_0 = f(x_0)$; ce qu'il fallait démontrer.

Nous avons donc démontré que la fonction discontinue $f(x)$ est la limite des fonctions continues dans tout intervalle fini. Il en résulte, sans peine, que $f(x)$ est une fonction de première classe. Notre condition est donc suffisante.

Notre théorème est ainsi démontré complètement.

Remarquons qu'on peut sans peine déduire de notre théorème le théorème de M. Lebesgue. Soit, en effet, $f(x)$ une fonction discontinue d'une variable réelle, telle que les ensembles linéaires $E[f(x) > r]$ et $E[f(x) < r]$ sont des $\mathcal{F}_\sigma$ pour tout r rationnel. Désignons par $\mathfrak{M}(r)$ l'ensemble linéaire $E[f(x) > r]$ et par $\mathfrak{P}(r)$ l'ensemble plan de tous les points (x, y), où x est un nombre de l'ensemble $\mathfrak{M}(r)$ et y un nombre réel $\leqq r$. L'ensemble $\mathfrak{M}(r)$ étant un $\mathcal{F}_\sigma$, on voit sans peine que l'ensemble plan $\mathfrak{P}(r)$ sera aussi un $\mathcal{F}_\sigma$. Or, nous trouvons aisément

$$E[f(x) > y] = \sum_r \mathfrak{P}(r),$$

la sommation $\sum_r$ s'étendant à tous les nombres rationnels r : l'ensemble plan $E[f(x) > y]$ est donc un $\mathcal{F}_\sigma$. De même pour l'ensemble $E[f(x) < y]$. D'après notre théorème, $f(x)$ est donc une fonction de première classe.

Nous obtenons ainsi une nouvelle démonstration du théorème de M. Lebesgue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une généralisation du théorème de Rolle.* Note de M. **Fr. Lange-Nielsen**, présentée par M. E. Goursat.

Le théorème de Rolle sous sa forme habituelle n'est pas susceptible d'une extension immédiate au domaine complexe. Dans la suite, je donne donc au théorème de Rolle un sens plus étendu en ajoutant quelques faits bien connus, qui ne font pas partie du théorème de Rolle proprement dit.

J'énonce le théorème comme il suit :

« Soit, dans l'intervalle fermé $a \leqq x \leqq b$, $f(x)$ une fonction continue de la variable réelle x. Supposons que $f(x)$ a une dérivée finie à chaque point intérieur $a < x < b$. Soit $|f(a)| = |f(b)|$; si $f(a) = f(b)$, c'est-à-dire si $f(a)$ et $f(b)$ ont aussi les mêmes arguments, il y a au moins un point

$X (a < X < b)$ tel que $f'(X) = 0$. Si $f(a) = -f(b)$ (arguments différents), il y a au moins un point $X (a < X < b)$ tel que $f(X) = 0$; s'il y en a plusieurs, il y a aussi au moins un point X_1 tel que $f'(X_1) = 0$. Les points tels que $f'(x) = 0$ seront les points multiples du système de points x, qui est défini par les équations $|f(x)| = k$, où les k sont des constantes. »

Le théorème, ainsi énoncé, peut être étendu au domaine complexe presque mot pour mot. On a en effet pour les fonctions $f(z)$ de la variable $z = x + iy$ le théorème analogue :

« Soit $f(z) = P(x, y) + iQ(x, y)$ holomorphe dans le domaine fermé A, limité par la courbe fermée C, qui n'a pas des points multiples, et qui sera telle que $|f(z)| = k$ en tous les points de C. Si $\arg f(z)$ est aussi constant sur C, il y a au moins un point intérieur de A où $f'(z) = 0$ (dans ce cas tous les points intérieurs ont du reste cette même propriété). Si $\arg f(z)$ varie sur C, il y a au moins un point intérieur Z tel que $f(Z) = 0$; s'il y en a plusieurs, il y a aussi au moins un point Z_1 tel que $f'(Z_1) = 0$. Les points auxquels $f'(z) = 0$ seront les points multiples du système de courbes C_h, qui est défini par les équations $|f(z)| = h$, où les h sont des constantes. »

Si $|f(z)|$ et $\arg f(z)$ sont tous deux constants sur C, $f(z)$ se réduit à une constante, et l'énoncé est évident. Supposons que $\arg f(z)$ varie sur C. Regardons la fonction $|f(z)| = +\sqrt{P^2 + Q^2} = R(x, y)$, qui est continue dans le domaine fermé A et y atteint un maximum et un minimum. Le maximum sera forcément atteint sur C, donc d'après les suppositions à tous les points de C. Le minimum, qui est forcément zéro, est donc atteint à un point intérieur de A.

Supposons, pour fixer les idées, que $f(z)$ a dans A deux zéros distincts a et b, dont chacun peut du reste être un zéro multiple. Nous pouvons donc démontrer que $f'(z) = 0$ en un point inférieur c de A, $c \neq a$, $c \neq b$.

L'équation $R = |f(z)|$ peut représenter une surface analytique située au-dessus du plan des (x, y), et les courbes $|f(z)| = \text{const.}$ sont les courbes de niveau de cette surface [1]. Les courbes $C_h : |f(z)| = h$, où $0 \leq h \leq k$, donnent alors une carte géographique de la surface dans le domaine A.

Joignons a et b par des courbes simples situées toutes à l'intérieur de A.

---

[1] Voir par exemple G.-H. HARDY, *A course of pure mathematics*, Cambridge, 1908, p. 412. — J. L. W. V. JENSEN, *Nyt tidsskrift for mathematik*, Bind 21, Copenhague, 1910.

Chaque point de A peut être atteint par une telle courbe. Il existe sur chaque courbe un maximum M de $R(x, y)$, et $o < M \leqq k$. Tous ces maxima ont donc une borne inférieure $M > o$. La courbe $C_M : |f(z)| = M$ a alors un point multiple. Sinon elle serait ou une courbe fermée enfermant un domaine d'un seul tenant et contenant tous les deux zéros, ou elle se composerait de deux courbes fermées, enfermant chacune seulement un zéro. Dans le premier cas on pourrait déterminer un nombre $\varepsilon > o$, de sorte que la courbe $|f(z)| = M - \varepsilon$ n'ait pas non plus un point multiple et enferme encore un domaine d'un seul tenant contenant les deux zéros. On pourrait donc choisir un chemin de a à b situé tout entier à l'intérieur de la courbe $C_{M-\varepsilon}$, ce qui n'est pas possible puisque M devrait être la borne inférieure des valeurs M. Dans le second cas on pourrait déterminer un nombre $\varepsilon > o$, de sorte que la courbe $|f(z)| = M + \varepsilon$ se compose encore de deux courbes fermées, enfermant chacune seulement un zéro. Il serait donc impossible de choisir un chemin de a à b, qui ne coupe pas la courbe $C_{M+\varepsilon}$, ce qui empêcherait toutes les valeurs $M + \theta\varepsilon$, $o \leqq \theta \leqq 1$, d'appartenir à l'ensemble des M; cela n'est pas possible, quand M est la borne inférieure de cet ensemble. Par conséquent C_M a forcément un point multiple. A ce point on a donc $\frac{\partial R}{\partial x} = o$, $\frac{\partial R}{\partial y} = o$, ce qui a pour conséquence $f'(c) = o$.

On obtient sans grandes difficultés le théorème fondamental de l'algèbre comme corollaire du théorème généralisé de Rolle.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les vols aux hautes altitudes.* Note [1] de M. **Jean Villey.**

Une récente Communication de M. Rateau, présentée le 22 mars 1920 (t. 170, p. 782) fait à ma Note du 1[er] mars (t. 170, p. 557) diverses objections. Cette Note succincte a pu donner une idée inexacte du Mémoire qu'elle analyse, et je crois nécessaire d'y ajouter les quelques précisions suivantes, qui répondent à ces objections.

a. Si l'extrait du Mémoire a pu laisser croire que je m'attribue l'idée des moteurs dits *allégés* (augmentation de volume des cylindres, pour compenser la diminution de densité de l'air), je suis heureux de cette occasion de bien préciser les choses : Les trois solutions principales du problème

---

(1) Séance du 12 avril 1920.

(moteurs surcomprimés, allégés, ou suralimentés) ont été séparément envisagées et proposées avant le moment (juillet 1915) où les circonstances m'ont amené à m'occuper de ces problèmes. Mon rôle s'est borné à en faire une étude d'ensemble méthodique, qui m'a paru utile en vue de coordonner les tentatives jusque-là dispersées. Elle m'a conduit à penser que, loin de s'opposer les unes aux autres, les diverses solutions pourraient probablement être utilement combinées pour arriver aux résultats optima.

b. En particulier, sans attribuer au moteur *allégé*, c'est-à-dire construit spécialement en vue de l'utilisation normale à une certaine altitude z, une supériorité *a priori* sur le moteur suralimenté, on peut légitimement penser qu'il mérite d'être méthodiquement expérimenté. Parmi toutes les densités d'atmosphère qui intéressent l'aviation, celle qui se trouve exister au niveau du sol n'est pas forcément la plus avantageuse, pour qu'on doive y adapter la construction du moteur et la lui maintenir artificiellement au moyen d'organes accessoires extérieurs à lui. Ce n'est d'ailleurs pas là une opinion personnelle isolée. Il suffira d'invoquer par exemple l'autorité du commandant Caquot, dont la compétence a été universellement consacrée par son œuvre à la Direction de la Section technique de l'Aéronautique; c'est grâce à ses efforts qu'ont été entreprises les premières tentatives d'application industrielle (en même temps que la construction en série des turbo-compresseurs, dont l'étude se trouvait déjà plus avancée).

L'arrêt de ces premières réalisations, en début de construction, au moment des liquidations qui ont suivi l'armistice, ne doit nullement être interprété comme une condamnation du système par l'expérimentation pratique : celle-ci n'a même pas été abordée.

c. Utiliser la loi approchée $\Gamma = C(\varpi - \upsilon)$, avec $C = \text{const.}$ et $\upsilon = \text{const.}$, pour représenter (à une vitesse de rotation donnée) le couple utile Γ d'un moteur normal en fonction de la densité ϖ de son air d'alimentation, revient simplement à mettre en évidence : un terme proportionnel au couple moteur total exercé sur les pistons (avec un coefficient de proportionnalité un peu inférieur à 1, parce que les frottements de l'attelage moteur absorbent une certaine puissance, à peu près proportionnelle à la puissance totale), et un terme constant négatif correspondant à celles des résistances passives qui sont indépendantes des efforts moteurs totaux (par exemple, la commande des soupapes, des pompes, des magnétos, etc.). Le terme principal est approximativement proportionnel à la masse du fluide utilisée par tour,

soit $B.V\varpi$. Quand on considère un certain moteur normal [1], on peut faire rentrer le volume V de sa cylindrée par tour dans le coefficient constant, et écrire ce terme sous la forme $A.\varpi$; mais, si l'on veut étudier justement le problème du moteur allégé [2], il est indispensable d'expliciter. On écrira donc le couple utile du moteur normal considéré, sous la forme

$$\Gamma = A\varpi - K = BV\varpi - K; \quad \text{et, en particulier, au sol} \quad \Gamma_0 = BV\varpi_0 - K.$$

Si l'on réalise alors un moteur *allégé*, adapté à l'altitude z, en multipliant par n le volume des cylindres (avec augmentation corrélative des sections de passage), pour qu'il utilise la même masse de fluide par tour $\left(nV \times \frac{\varpi_0}{n}\right)$, il ne semble pas qu'il doive en résulter une augmentation importante des résistances passives (mêmes efforts totaux transmis, et résistances passives accessoires peu modifiées); son couple utile à l'altitude d'adaptation z serait alors $\Gamma'_z = B.nV.\frac{\varpi_0}{n} - K$, c'est-à-dire égal à Γ_0, et non pas considérablement réduit, comme il résulterait du calcul de M. Rateau; la même observation s'applique au calcul des consommations spécifiques. En réalité, les raisonnements de ce genre, qui comportent des approximations toujours aléatoires, peuvent utilement guider les expérimentations, mais non justifier la condamnation *a priori* d'un système.

d. L'évaluation à 10 pour 100 de la surcharge relative entraînée par l'augmentation de volume des cylindres (sans augmentation des efforts moteurs) a été donnée dans ma Note du 12 janvier (t. 170, p. 171) (à titre d'estimation approximative, et avec les réserves utiles) pour l'adaptation à 5300^m (volume doublé) *et non pas pour l'adaptation à* 12000^m. Elle ne paraît pas inadmissible, au moins pour les moteurs à cylindres disposés en étoile (genre moteur Salmson).

e. En ce qui concerne la suralimentation, réalisée au moyen du turbo-compresseur Rateau, et les résultats qu'elle a déjà fournis, il n'y a encore rien à reviser dans les conclusions que j'ai présentées; mais il importe de ne confondre en rien l'altitude d'adaptation du moteur avec son plafond sur un avion donné. Dans aucune des expériences, même les plus récentes, on n'a constaté que la masse des cylindrées pût être, par les turbo-

---

(1) Ou même divers moteurs établis en appliquant les mêmes formules pratiques de construction.

(2) C'est-à-dire faire appel à des formules de construction tout à fait différentes.

compresseurs actuels, maintenue jusqu'à 4000^{m} égale à celle du sol. Il est bien évident que si le couple moteur commence à baisser (par exemple) seulement au-dessus de 3500^{m} au lieu de baisser à partir du sol (au prix d'une surcharge qui ne dépasse pas 20 pour 100), le moteur réalisera sur avion des performances beaucoup plus remarquables, et ce résultat constitue déjà un progrès de première importance.

Si l'on veut aller encore plus loin dans cette voie, en utilisant exclusivement la solution du turbo-compresseur, il faudra non seulement adopter les aubages multiples exigés par des rapports de pressions supérieurs à 2 entre l'amont et l'aval (au-dessus de 5000^{m}), mais donner à l'ensemble du turbo-compresseur un *rendement global* au moins égal au rapport entre l'énergie utile nécessaire pour l'alimentation forcée à masse normale, et l'énergie motrice totale disponible dans la détente des gaz d'échappement correspondants : les appareils actuels ne réalisent pas encore cette condition à l'altitude de 4000^{m}.

Je me permets d'ajouter que rien, dans mon étude, ne saurait être interprété comme hostile à la solution de la suralimentation par turbo-compresseur, bien au contraire : Elle possède actuellement cette supériorité d'avoir déjà à son actif des résultats pratiques expérimentalement établis, et le seul souci d'impartialité qui m'a guidé suffisait pour que je ne diminue en rien les mérites d'une invention française qui a mis, une fois de plus, la France à la tête du progrès en matière d'aviation.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le transport de l'énergie électrique à grande distance.* Note de M. E. **Brylinski**, présentée par M. Paul Janet.

Les difficultés, rapidement croissantes avec la distance, du transport de l'énergie électrique ont fait naître récemment l'intéressante idée d'utiliser, pour les transports de quantités importantes d'énergie à de très grandes distances, les propriétés de la ligne quart d'onde.

Dans une pareille ligne, en effet, on peut maintenir une tension constante à l'arrivée en conservant à peu près constant le courant au départ, quelle que soit la puissance utilisée, sans qu'il se produise de surtension excessive le long de la ligne. Cette solution se trouve cependant être d'une application difficile, en raison de ce que les alternateurs de grande puissance à courant constant n'ont pas encore fait l'objet d'études suffisamment complètes.

On peut se demander, dans ces conditions, s'il n'y aurait pas intérêt à aller un peu plus loin et à utiliser les propriétés de la ligne demi-onde. Il ne sera peut-être pas inutile de rappeler brièvement la définition d'une telle ligne.

Le long d'une ligne électrique, la tension et l'intensité en chaque point satisfont à l'équation de propagation

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} = \text{CL}\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + (\text{GL} + \text{CR})\frac{\partial v}{\partial t} + \text{GR}v.$$

Si l'on envisage l'état permanent, dans le cas d'un courant sinusoïdal de pulsation ω, la solution est

$$v = \Sigma \text{A} e^{\alpha x} \sin(\omega t + \beta x),$$
$$i = \Sigma \text{B} e^{\alpha x} \sin(\omega t + \beta x - \varphi),$$

où A, B, α, β et φ sont des constantes ne dépendant que des données de la ligne, avec les conditions

$$\alpha^2 - \beta^2 = \text{GR} - \omega^2 \text{CL},$$
$$2\alpha\beta = \omega(\text{CR} + \text{GL}),$$

R, C, L, G étant les données par unité de longueur de la ligne; nous désignerons par l la longueur de la ligne et supposerons l'origine des distances à l'arrivée de la ligne (côté de l'utilisation).

Lorsque, comme c'est généralement le cas dans les grandes lignes d'énergie électrique, les fuites sont négligeables et la résistance faible, on a approximativement

$$\alpha = \frac{\text{R}}{2}\sqrt{\frac{\text{C}}{\text{L}}},$$
$$\beta = \omega\sqrt{\text{CL}}.$$

La ligne est dite *demi-onde* lorsque

$$\beta l = \omega l \sqrt{\text{CL}} = \pi.$$

Il est aisé de voir, en effet, que si v est la vitesse de propagation et f la fréquence, cette condition équivaut à

$$\frac{l}{v} = \frac{1}{2f},$$

c'est-à-dire que la durée de propagation le long de la ligne est exactement égale à une demi-période du courant.

Dans ces conditions, le courant et la tension au départ deviennent

$$v' = -\Sigma A\, e^{\alpha l} \sin \omega t,$$
$$i' = -\Sigma B\, e^{\alpha l} \sin(\omega t - \varphi),$$

c'est-à-dire qu'ils reproduisent le courant et la tension à l'arrivée, aux exponentielles près; or, αl est petit dans les cas envisagés, de sorte que ces exponentielles restent voisines de l'unité et qu'il suffira de maintenir à peu près constante la tension au départ pour obtenir une tension constante à l'arrivée.

Pour une ligne aérienne et une fréquence de 50 périodes par seconde, la condition de demi-onde correspondrait à une longueur d'environ 3000^{km}. Mais il est aisé d'obtenir la condition de demi-onde pour une longueur moindre en augmentant le produit CL. La self-inductance peut toujours être augmentée par l'intercalation d'un assez grand nombre de bobines de réactance régulièrement réparties; la capacité pourra, lorsque la tension adoptée le permettra, être augmentée par l'intercalation de sections souterraines.

Une ligne demi-onde, le long de laquelle la tension variera considérablement en régime normal, ne permettra pas de prendre de dérivation en route; mais elle paraît pouvoir permettre de transporter des quantités d'énergie importantes entre deux points très éloignés, ce qui serait un résultat intéressant. D'autre part, étant donnée la petitesse de αl dans les cas de la pratique, on pourra être certain qu'il ne se produira ni tensions ni courant excessifs le long de la ligne lorsque ce fait aura été justifié pour la ligne quart d'onde constituée par la seconde moitié de la ligne du côté de l'arrivée.

Il n'est pas indifférent de majorer la self-inductance ou la capacité pour amener une ligne à la condition de demi-onde. La tension au milieu de la ligne (point quart d'onde) lorsque la résistance est faible et les fuites négligeables est, en effet, approximativement égale à

$$I_1\sqrt{\frac{L}{C}},$$

de telle sorte que, pour que cette tension ne dépasse pas la tension E_1 à l'arrivée, il faut que le courant I_1 à l'arrivée soit au plus égal à

$$E_1\sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Il en résulte une limitation de la puissance transportable, d'autant plus importante que L est plus grand. C'est ainsi que, pour une ligne triphasée de 1200^{km}, en câbles nus d'aluminium de 5^{cm^2} de section, à 70000 volts étoilés à l'arrivée, la puissance apparente disponible à l'arrivée pourra être de 80000 kilovolts-ampères si l'on réalise la condition de demi-onde en augmentant la capacité et descendra à 20000 kilovolts-ampères si l'on réalise cette condition en augmentant la self-inductance. Il est d'ailleurs aisé de s'assurer que l'augmentation de la capacité n'entraînerait pas de courant excessif au point milieu.

Il semble bien que la réalisation de pareilles lignes puisse devenir intéressante dans certains cas particuliers.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les variations de la composition du phosphomolybdate d'ammonium.* Note de M. S. **Posternak**, présentée par M. L. Maquenne.

Tandis que la plupart des auteurs s'accordent pour attribuer à l'acide phosphomolybdique la composition $H^3PO^4(MoO^3)^{12} + aq.$, les opinions varient en ce qui concerne son sel d'ammonium tel qu'on l'obtient au cours des dosages de P^2O^5.

En faisant abstraction des anciennes analyses de Sonnenschein, Seligsohn, Nutzinger, Spiess, Eggertz, etc., dont les résultats contradictoires pourraient s'expliquer, jusqu'à un certain point, par l'imperfection des méthodes employées, on note une divergence aussi grande entre les travaux plus récents consacrés au même sujet. C'est ainsi que Hundeshagen (¹) affirme que le phosphomolybdate d'ammonium, séché à 130°-150°, correspond invariablement à la formule $(NH^4)^3PO^4(MoO^3)^{12}$, quelles que soient la nature et la concentration des acides et des sels dans le milieu d'où il est précipité. Baxter (²), par contre, dit avoir toujours trouvé, dans ses nombreuses analyses des précipités obtenus en milieu azotique, un excès de MoO^3 par rapport à la formule de Hundeshagen, excès qui augmentait avec la concentration du nitrate d'ammonium. Lorenz (³), de son côté, a mis hors de doute que le sel qui nous intéresse, lorsqu'on le précipite en présence de l'acide sulfurique, a un poids supérieur, pour la même quantité

(¹) *Zeitsch. f. anal. Chem.*, t. 28, 1889, p. 143.
(²) *Americ. Chem. J.*, 1902, t. 28, p. 296.
(³) *Landwirtsch. Versuchsstationen*, t. 55, 1901, p. 183.

de P, qu'en l'absence de cet acide. Enfin Falk et Sugiura [1] ont non seulement confirmé ce fait, mais démontré encore que l'acide sulfurique entre dans la constitution du précipité.

Je fus amené à reprendre cette question à l'occasion d'un travail sur le dosage des petites quantités de P^2O^5 à l'état de phosphomolybdate de baryum [2].

J'ai préparé des phosphomolybdates d'ammonium dans des conditions variées et définies, et j'en ai déterminé la composition.

Dans un certain nombre de cas, j'ai transformé les sels d'ammonium en sels de baryum, qui ont été également analysés.

Voici, brièvement résumées, les expériences réalisées :

1° *Phosphomolybdate d'ammonium*, précipité à 15° d'une solution de phosphate disodique par un demi-volume de liqueur molybdique ordinaire, dans la proportion de 10^{cm^3} de cette liqueur pour $3^{mg},5$ P, filtré au bout de 24 heures et lavé à l'eau distillée.

Formule :

$$PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^2 + 3PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^3.$$

2° *Même sel* précipité dans des conditions semblables, sauf que la solution phosphatée a été chauffée à l'ébullition et que la filtration a eu lieu au bout de 15 minutes.

Formule :

$$PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^2 + PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^3.$$

3° *Même sel* précipité, dans les conditions de la première expérience, par une liqueur molybdique spéciale contenant 6 fois moins de NH^4 [dissolution de 74^g $NH^4(MoO^3)^4OH + 6H^2O$ dans 1^l HNO^3 à 10 pour 100].

Formule :

$$5PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^2 + PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^3.$$

Sel de Ba *correspondant :*

$$[PO^4(MoO^4)^{12}]^2Ba^{27}.$$

Dosage de P : trouvé 0,805 pour 100; calculé 0,801 pour 100.

4° *Phosphomolybdate d'ammonium* précipité à 15° par la liqueur molybdique ordinaire *en présence de* 5 *ou* 10 *pour* 100 *de nitrate d'ammonium* et filtré au bout de 2 heures ou 24 heures.

Formule :

$$16PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^3 + NO^3(MoO^3)^4NH^4.$$

Sel de Ba *correspondant :*

$$8[PO^4(MoO^4)^{12}]^2Ba^{27} + (MoO^4)^4Ba^4.$$

---

(1) *J. of the Amer. Chem. Soc.*, t. 37, 1915, p. 1507.

(2) Ce travail paraîtra dans un autre Recueil.

Dosage de P : trouvé 0,786 pour 100 (moyenne de 51 dosages) ; calculé 0,786 pour 100.

5° *Phosphomolybdate d'ammonium obtenu en milieu exclusivement sulfurique :* 20^{cm^3} de solution phosphatée, 1^{cm^3} H^2SO^4 concentré et 2^g de *sulfate d'ammonium* chauffés à l'ébullition et précipités par 10^{cm^3} de molybdate d'ammonium à 10 pour 100. Filtré au bout de 15 minutes.

Formule :

$$8PO^4(MoO^3)^{12}(NH^4)^3 + SO^4(MoO^3)^8(NH^4)^2.$$

Sel de Ba *correspondant :*

$$4[PO^4(MoO^3)^{12}]^2Ba^{27} + SO^4(MoO^3)^8Ba^9.$$

Dosage de P : trouvé 0,739 pour 100 (moyenne de 59 dosages) ; calculé 0,739 pour 100.

Il se dégage de ces faits les notions suivantes :

Le phosphomolybdate d'ammonium, précipité des solutions phosphatées diluées, en l'absence des sels d'ammonium, possède une composition normale quant à sa teneur en P et MoO^3. Il présente cependant un mélange variable, suivant la richesse de la liqueur molybdique en NH^4 et la durée de la précipitation, avec des phosphomolybdates di- et triammoniacal, en confirmation des analyses déjà anciennes de Nutzinger, Eggertz et Gibbs.

En présence d'au moins 5 pour 100 de nitrate ou de sulfate d'ammonium, le phosphomolybdate se dépose à l'état complexe : en milieu azotique et à froid, 16^{mol} de sel triammoniacal normal se combinent avec 1^{mol} de nitromolybdate d'ammonium $NO^3(MoO^3)^4NH^4$; en milieu exclusivement sulfurique et à chaud, 8^{mol} du même sel normal cristallisent ensemble avec 1^{mol} de sulfomolybdate d'ammonium $SO^2(MoO^3)^8(NH^4)^2$.

Les sels barytiques complexes correspondants se prêtent, grâce à leur poids moléculaire considérable et leur composition constante, au dosage pondéral précis des quantités de P de l'ordre de fractions de milligramme.

En comparant la composition du phosphomolybdate d'ammonium avec celle du sulfo et du nitromolybdate, on fait cette remarque curieuse que l'acide phosphorique tribasique fixe 12^{mol}, l'acide sulfurique dibasique 8^{mol} et l'acide azotique monobasique 4^{mol} MoO^3.

Les choses se comportent comme si l'acide molybdique se trouvait, en milieu acide, à l'état *tétramolybdique* et se combinait, sous cette forme, avec les oxhydryles de tous les acides minéraux en présence.

La constitution de l'acide phosphomolybdique correspondrait donc bien à la formule de Kehrmann (¹),

$$PO[(MoO^3)^4OH]^3 + aq,$$

(¹) *Ber. d. deut. chem. Gesell.*, t. 20, 1887, p. 1811.

et non pas

$$[H^4P(Mo^2O^7)^6]H^3,$$

adoptée par quelques auteurs à la suite des considérations théoriques de Miolati.

De même la constitution des acides nitro et sulfomolybdique trouverait son expression dans les formules

$$NO^2(MoO^3)^4OH \quad \text{et} \quad SO^2[(MoO^3)^4OH]^2.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'analyse par distillation des chlorobenzènes industriels.* Note de M. **F. Bourion**, présentée par M. A. Haller.

Le chlorobenzène industriel n'est pas seulement intéressant parce qu'il est devenu un terme de passage important pour la fabrication de la mélinite, mais aussi parce qu'il sert à préparer des matières colorantes telles que les noirs au soufre ou des substances comme le diamidophénol.

Il faut donc être en possession d'une méthode pratique et suffisamment exacte d'analyse des chlorobenzènes bruts, pour le contrôle et aussi pour l'étude en petit de la réaction servant à le préparer.

Or, un chlorobenzène brut est un mélange complexe, mais où dominent les trois corps purs *benzène* (non chloré entièrement en vue d'un meilleur rendement), *monochlorobenzène*, et *paradichlorobenzène*; les points d'ébullition sous la pression normale 80°, 130°, 172° de ces trois substances étant très éloignés, c'est toujours à la distillation que l'on a recours pour extraire industriellement le chlorobenzène pur d'un chlorobenzène brut.

Toute méthode d'analyse d'un chlorobenzène brut devra donc épouser le classement imposé par l'opération qui sert à séparer le chlorobenzène des corps qui l'accompagnent; nous appellerons alors :

Benzène, tout ce qui passe en même temps que le benzène à la distillation; *polychlorés*, les corps qui accompagnent le paradichlorobenzène à la distillation; *le chlorobenzène pur obtenu industriellement* devant être aussi voisin que possible du monochlorobenzène pur, condition assez aisément réalisable.

Faire l'analyse d'un chlorobenzène brut revient donc à établir sa composition en *benzène*, *chlorobenzène* et *polychlorés*, ainsi définis.

J'ai tout d'abord établi une méthode par distillation d'analyse des chlorobenzènes bruts. Son principe consiste à séparer le chlorobenzène brut en trois groupes de fractions :

Premier groupe, fractions de tête comprenant les produits qui distillent de 80° à 130°.

Deuxième groupe, formé de la fraction unique qui passe de 130° à 131°,5, *appelée provisoirement du chlorobenzène*.

Troisième groupe, fractions de queue contenant les produits qui distillent de 131°,5 à 172° et le résidu de la distillation.

Les fractions du premier et du troisième groupe sont ainsi réparties :

Premier groupe : fractions de tête.

1° Fraction distillant avant 81°		
2°	»	de 81 à 90°
3°	»	90 à 100
4°	»	100 à 110
5°	»	110 à 120
6°	»	120 à 128
7°	»	128 à 130

Troisième groupe : fractions de queue.

1° Fraction distillant de 131° à 134°		
2°	»	134 à 140
3°	»	140 à 150
4°	»	150 à 160
5°	»	160 à 172

Le résidu de la distillation à 172° est manifestement constitué par des polychlorés; la fraction avant 81° contenant une proportion négligeable de chlorobenzène sera considérée comme du benzène.

On rectifie ensuite les fractions du premier et du troisième groupe jusqu'à ce qu'elles deviennent irréductibles; comme après rectification ces fractions ont des masses très petites, la légère incertitude qui règne sur leur composition entraîne une erreur très faible sur les résultats d'analyse.

Quant aux pertes inévitables qui se produisent durant la distillation, on les répartit entre le benzène, le chlorobenzène et les polychlorés proportionnellement aux quantités de chacune de ces substances ayant passé à la distillation.

La prise de chlorobenzène brut, de l'ordre de 1500^g à 1800^g, est placée dans un ballon de verre de 2^l à 3^l, et non dans une bouteille de fer, car ce métal facilite la décomposition des produits instables; les fractions des deux premiers groupes sont formées en utilisant une forte colonne à billes, tandis que celles du troisième groupe sont obtenues après transvasement du résidu de distillation à 130°,5 du ballon primitif devenu trop grand, dans un ballon de 300^{cm^3} à 600^{cm^3}, surmonté d'une colonne Vigreux d'une vingtaine de plateaux; les rectifications des fractions sont faites dans des ballons de 8^{cm^3} à 50^{cm^3} de capacité à l'aide de petites colonnes Vigreux comprenant une dizaine de plateaux.

J'ai admis la composition suivante, après rectification :

Fractions de tête.

Intervalle.	C^6H^6 %.	C^6H^5Cl %.
81°- 90°.....	98	2
90-100.....	90	10
100-110.....	50	50
110-120.....	20	80
120-128.....	10	90
128-130.....	2	98

Fractions de queue.

Intervalle.	C^6H^5Cl %.	Poly-chlorés %.
131°,5-134°...	98	2
134 -140...	90	10
140 -150...	60	40
150 -160...	40	60
160 -165...	2	98

Mais la composition obtenue pour le chlorobenzène brut, après ces opérations, doit subir une légère retouche, l'expérience a montré en effet que, dans tous les cas, la fraction 130°-131°,5 renferme une proportion de polychlorés non négligeable. On soumet alors à une nouvelle distillation un poids connu de cette fraction dans le but de déterminer sa teneur en polychlorés et l'on peut ensuite, par cette correction, connaître la composition définitive du chlorobenzène brut primitif.

Nous voyons qu'il règne un certain arbitraire dans la répartition des pertes et dans le choix adopté pour la composition des fractions après rectification; mais cette méthode a été contrôlée en l'appliquant à l'analyse de mélanges synthétiques de composition connue renfermant les constituants principaux du chlorobenzène et aussi des constituants moins abondants. Voici quelques résultats :

	I.		II.		III.		IV.	
	Pris.	Observé.	Pris.	Observé.	Pris.	Observé.	Pris.	Observé.
C^6H^6 (p. 100).	26,04	25,67	24,85	24,57	25,40	25,36	20,13	19,87
C^6H^5Cl......	65,88	66,17	66,23	66,19	66,11	65,88	70,91	71,17
$C^6H^4Cl^2$.....	8,08	8,15	7,55	″	8,08	″	8,08	″
C^6Cl^6 (1)	″	″	1,36	″	0,41	″	0,88	″
Polychlorés ..	8,08	8,15	8,91	9,23	8,49	8,76	8,96	8,96

qui présentent une concordance très satisfaisante.

J'ai appliqué cette méthode à plus de 130 cas particuliers représentant les échantillons moyens de chlorobenzènes bruts de poids total dépassant 4000 tonnes.

Toutefois cette méthode est très longue; les calculs en sont pénibles, et il faut à un manipulateur entraîné 3 jours et demi pour établir la composition d'un chlorobenzène brut.

(1) Chlorure de Julin.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les cétimines : Formation par réduction catalytique des oximes.* Note de M. **Georges Mignonac**, présentée par Ch. Moureu.

Dans une Note récente ([1]) j'ai fait connaître une méthode de préparation des cétimines basée sur l'action directe du gaz ammoniac sur les cétones à température élevée (300°-400°) et en présence d'un catalyseur. J'ai indiqué, en même temps, que pour certaines cétones l'emploi d'une température élevée peut provoquer des réactions secondaires importantes. A ce point de vue, le cas de la cyclohexanone est très net, on obtient surtout des produits de condensation complexes. Pour étudier les imines correspondant à de telles cétones, j'ai cherché à les préparer à température aussi basse que possible et j'ai étudié dans ce but la réduction des oximes en essayant de limiter l'hydrogénation à la réaction

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C=NOH+H^2 = \begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\!\!>C=NH+H^2O.$$

Les cétimines, et bien davantage encore leurs sels, sont très facilement hydrolysables en présence d'eau. Pour les obtenir par réduction des oximes, les méthodes catalytiques qui permettent d'opérer en milieu neutre et sensiblement anhydre conviennent mieux que les méthodes de réduction usuelles ([2]).

L'hydrogénation catalytique des oximes a tout d'abord été réalisée par M. Mailhe ([3]) qui a directement obtenu, en appliquant la méthode de MM. Sabatier et Senderens, les amines primaires correspondantes mélangées d'une certaine proportion d'amine secondaire et d'amine tertiaire. Un peu plus tard, Paal et Gérum ([4]) ont réduit la benzaldoxime par l'hydrogène à la température ordinaire, en milieu hydro-alcoolique, en présence de palladium colloïdal; ils ont observé la formation de benzylamine, de dibenzylamine et d'aldéhyde benzoïque.

([1]) G. Mignonac, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 237.

([2]) Harries et Majima (*Ber.*, t. 41, p, 2523) ont obtenu une petite quantité de carvénone imine en réduisant la carvénone oxime par la poudre de zinc et l'acide acétique; mais dans ce cas l'imine est particulièrement stable, son chlorhydrate n'est hydrolysé que lentement par l'eau froide.

([3]) A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 1691 ; t. 141, p. 113.

([4]) Paal et Gérum, *Ber. Chem.*, t. 42, p. 1559.

Pour effectuer la réduction des oximes, j'ai utilisé comme catalyseur le nickel en milieu liquide dont l'emploi dans de telles conditions a été étendu à un certain nombre de substances non saturées par M. Brochet.

Le nickel, réduit de son oxyde vers 300°, est mis en suspension dans une solution d'oxime dans l'alcool absolu. Par agitation suffisamment énergique dans une atmosphère d'hydrogène, maintenue à une pression voisine de la pression atmosphérique, on réalise un contact intime de la poudre métallique du liquide et du gaz. Un dispositif simple permet de mesurer le volume d'hydrogène absorbé.

Dans ces conditions, et à la température ambiante (15°-18°), on observe une absorption régulière d'hydrogène. On interrompt l'opération aussitôt que la quantité théorique de gaz est utilisée (1^{mol} d'hydrogène pour 1^{mol} d'oxime). Les produits résultant de la réaction possèdent généralement une forte odeur ammoniacale; après séparation du catalyseur, on isole les différents constituants par distillation fractionnée dans le vide.

Réduction de quelques cétoximes : Cyclohexanone oxime. — La cyclohexanone oxime, traitée comme je viens de l'indiquer, absorbe l'hydrogène très régulièrement. Quand l'opération est terminée, on sépare une solution alcoolique colorée en jaune (formation de produits de condensation de la cétimine) et possédant une forte odeur ammoniacale. Après séparation de l'alcool dans le vide, on recueille une proportion importante de cyclohexanone (50 à 60 pour 100), un peu d'oxime, enfin un produit bouillant à 117°-118° sous 9^{mm} : la N-cyclohexylcétimine

$$C^6H^{10} = N - C^6H^{11} : D\frac{21}{4} = 0{,}940, \qquad N^{d}_{21^\circ} = 1{,}4972.$$

Ce composé, non encore décrit, est un liquide incolore qui subit un commencement de décomposition à l'air humide avec mise en liberté de cyclohexanone et de cyclohexylamine. Le chlorhydrate $C^6H^{10} = N - C^6H^{11}, HCl$ est un sel blanc hygroscopique fondant avec décomposition vers 180°, très facilement hydrolysable par l'eau.

La N-cyclohexylcétimine est le terme intermédiaire qui, dans les réductions catalytiques, conduit à la dicyclohexylamine; j'aurai l'occasion de revenir sur le mécanisme de sa formation.

La cyclohexylcétimine n'a pu être isolée.

Acétophénone oxime. — L'acétophénone oxime traitée dans les mêmes conditions que la cyclohexanone oxime absorbe l'hydrogène. Dans ce cas on peut isoler un peu de cétimine à état de chlorhydrate $C^6H^5\underset{\underset{NH,HCl}{\|}}{C} - CH^3$. Sel blanc, très hygroscopique, qui est dédoublé quantitativement par l'eau en acétophénone et chlorhydrate d'ammoniaque. Cependant la plus grande partie de l'imine a subi l'hydrolyse, on observe la formation, en effet, d'une proportion importante d'acétophénone (30 à 40 pour 100).

Propiophénone oxime. — La propiophénone oxime fournit une proportion de cétone un peu moins importante que les deux oximes précédents. On peut séparer l'éthylphénylcétimine à l'état de chlorhydrate, $C^6H^5C(=NH,HCl)-C^2H^5$, ce sel fond à 145° (bloc Maquenne). La base régénérée du chlorhydrate traitée par l'anhydride acétique donne un dérivé acétylé fondant à 126°. On observe, en outre, la formation d'un composé incolore bouillant à 170°-171°, sous 9^{mm}, qui se dédouble quantitativement sous l'influence des acides dilués en propiophénone et chlorhydrate d'α-phénylpropylamine fondant à 194°. C'est la N-α-phénylpropylphényléthylcétimine

$$\begin{matrix}C^6H^5\\C^2H^5\end{matrix}\!\!>C=N-CH\!<\!\!\begin{matrix}C^6H^5\\C^2H^5\end{matrix}.$$

Benzophénone oxime. — La benzophénone oxime peut être facilement transformée en imine sans réaction secondaire, l'iminobenzophénone possédant vis-à-vis de l'eau une plus grande stabilité que les imines que nous venons d'examiner. En fait, on obtient la cétimine avec de bons rendements : 10^g d'oxime ont donné 7^g de diphénylcétimine

$$C^6H^5C(=NH)-C^6H^5.$$

Phényl-α-naphtylcétoxime. — La phényl-α-naphtylcétoxime conduit avec des rendements presque quantitatifs à la phényl-α-naphtylcétimine $C^6H^5C(=NH)-C^{10}H^7$, fondant à 68°-69°.

Par les quelques exemples que je viens de citer on voit que les imines prennent naissance dans la réduction catalytique des oximes. Même dans le cas où elles n'ont pu être isolées, la formation de cétone indique bien la production intermédiaire d'imine ; j'ai pu vérifier, en effet, que les oximes ne subissent pas d'hydrolyse sensible dans les mêmes conditions de milieu et de température.

La fonction imine apparaît d'autant plus stable vis-à-vis de l'eau que le caractère électronégatif de la molécule qui la supporte est plus accentuée. Dans les conditions où je me suis placé, la cyclohexylcétimine est entièrement hydrolysée, la méthylphénylcétimine l'est en grande partie, l'éthylphénylcétimine l'est moins, enfin la diphénylcétimine n'est que peu hydrolysée et la phényl-α-naphtylcétimine presque pas.

Pour obtenir les imines avec de meilleurs rendements il sera intéressant d'augmenter la vitesse d'hydrogénation par un accroissement de la pression de l'hydrogène et d'abaisser le plus possible la température pour diminuer la vitesse de l'hydrolyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Alliages d'oxydes*. Note [1] de Mlle **S. Veil**, présentée par M. Haller.

Il était intéressant de déterminer les combinaisons que peuvent former entre eux des oxydes comprimés et chauffés, suivant des méthodes analogues à celles qui sont appliquées aux alliages métalliques.

En étudiant une propriété physique quelconque de telles préparations on obtient des courbes mettant en évidence les différentes combinaisons, ce qui fait l'objet de la présente Note.

Il est clair que la lenteur des phénomènes de diffusion entre corps solides rend la solution du problème difficile et délicate dans le cas considéré. Les propriétés qui peuvent être examinées et mesurées avec une certaine précision sont en nombre restreint.

Le mélange oxyde de chrome-oxyde de cérium a, parmi bien d'autres, donné des résultats intéressants.

En faisant varier les proportions des constituants, j'ai pu étudier concurremment, d'une part la conductibilité électrique aux températures élevées, d'autre part le coefficient d'aimantation à la température ordinaire.

La conductibilité électrique a été observée sur des agglomérés ayant la forme de bâtonnets. Ceux-ci étaient chauffés dans un four électrique à résistance de platine. La température était mesurée à l'aide d'une pince platine-platine rhodié. Les mesures étaient faites au moyen d'un pont de Wheatstone avec courant alternatif et téléphone.

Le coefficient d'aimantation a été déterminé au moyen de la balance de Curie et Cheneveau.

Sur les représentations graphiques ci-jointes ont été portés, en abscisses les proportions centésimales, et en ordonnées respectivement les conductibilités électriques et les coefficients d'aimantation, en valeurs relatives.

L'examen des diagrammes correspondant aux deux propriétés physiques examinées montre des particularités qui ne peuvent guère s'interpréter qu'en admettant l'existence de combinaisons définies entre les oxydes considérés.

Il est intéressant de constater que les deux méthodes se recoupent mutuellement, bien qu'elles soient essentiellement différentes.

---

(1) Séance du 12 avril 1920.

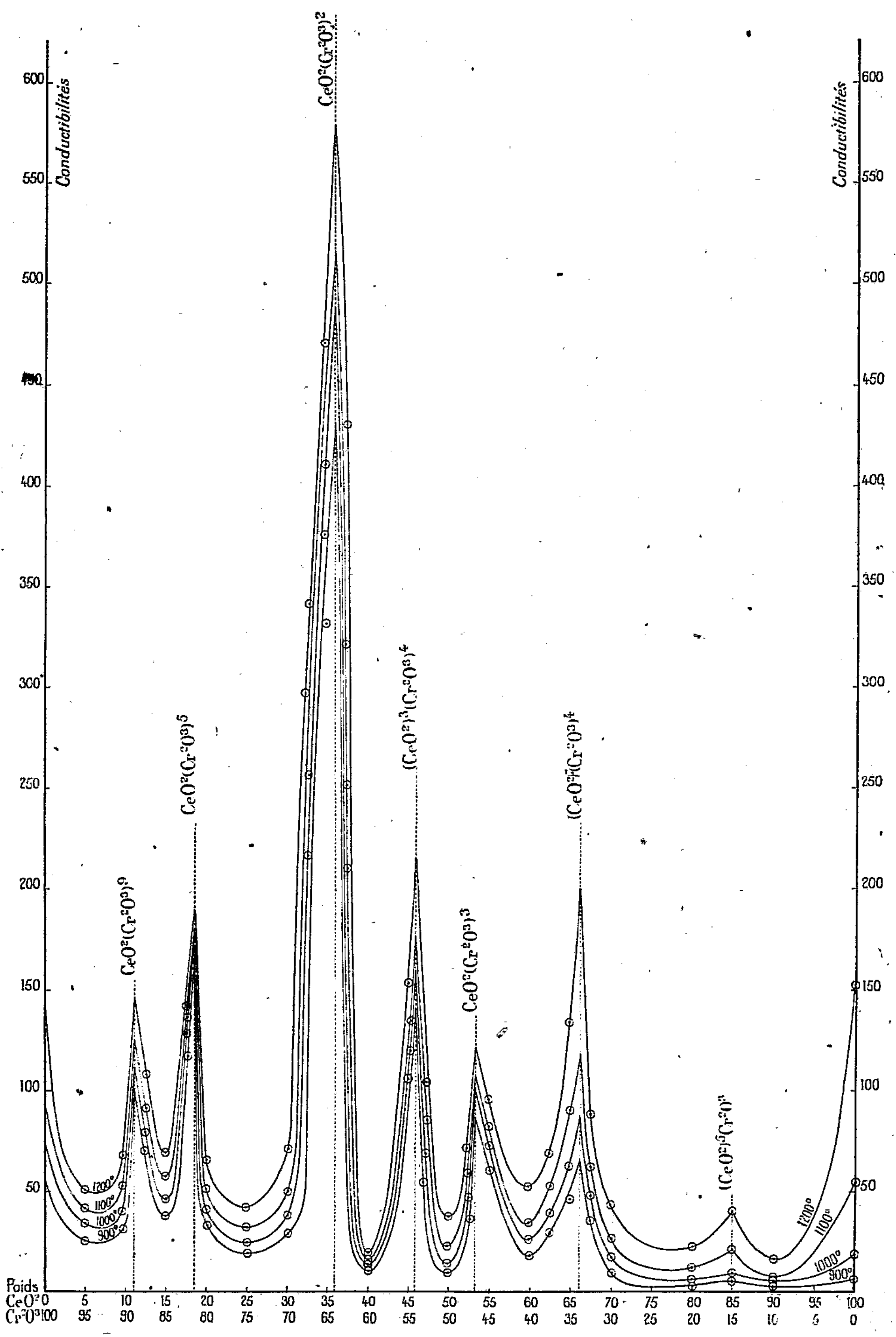


Fig. 1. — Système CeO^2 - Cr^2O^3. — *Conductibilité électrique.*
Isothermes 900° — 1000° — 1100° — 1200°.

D'après ces recherches, les corps $CeO^2Cr^2O^3$, $(CeO^2)^3(Cr^2O^3)^4$, $CeO^2(Cr^2O^3)^2$, $CeO^2(Cr^2O^3)^5$ semblent bien avoir une existence certaine.

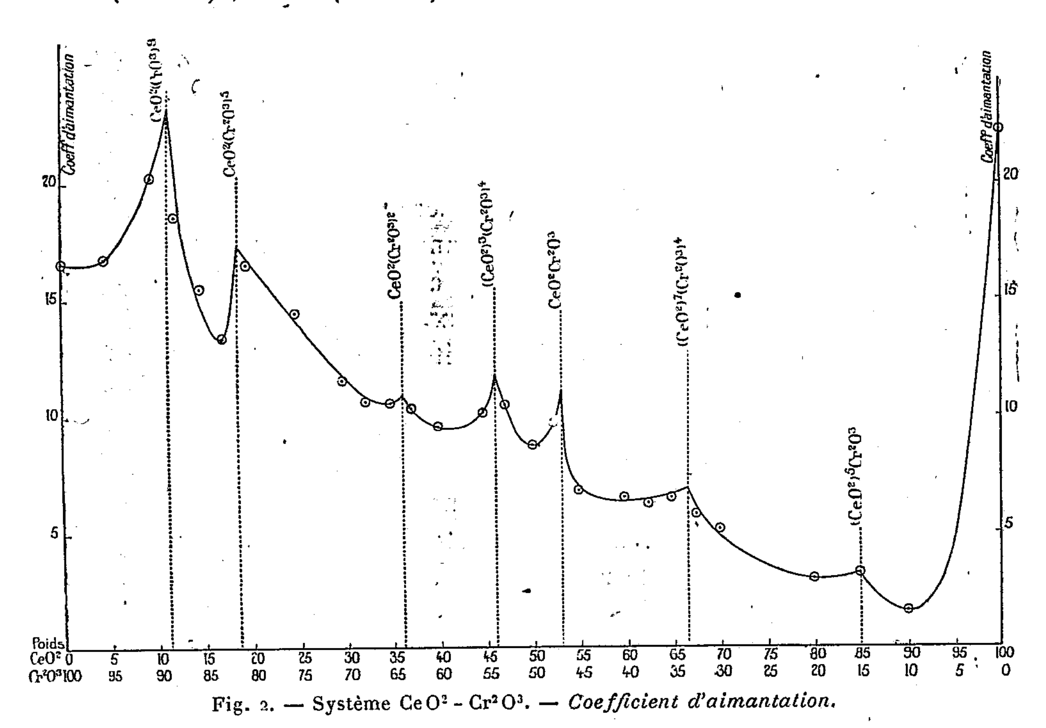


Fig. 2. — Système CeO^2 - Cr^2O^3. — *Coefficient d'aimantation.*

Quant aux corps $(CeO^2)^5Cr^2O^3$, $(CeO^2)^7(Cr^2O^3)^4$ et $CeO^2(Cr^2O^3)^9$, ils paraissent seulement probables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Oxydation réversible de l'acide arsénieux.* Note de MM. C. Matignon et J. Allain Lecanu, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Berthelot a vainement tenté de combiner directement l'anhydride arsénieux solide et l'oxygène (¹). L'anhydride arsénique, dit-il, est une de ces combinaisons accomplies en théorie avec dégagement de chaleur, sans être susceptibles de dissociation réversible (²).

(¹) *Bull. Soc. chim.*, t. 28, 1877, p. 496. Le traité de Moissan, t. 1, p. 840, dit par erreur que l'anhydride arsénique se produit par oxydation directe de l'anhydride arsénieux.

(²) *Thermochimie*, t. 1, p. 13.

L'équation thermique

$$As^2O^3 + O^2 = As^2O^5 + 62^{Cal},6$$

ne laisse aucun doute sur la possibilité théorique de la réaction.

Il nous a suffi de chauffer suffisamment l'acide arsénieux pour sortir de la zone de frottement chimique et manifester l'oxydation prévue, à condition d'avoir à ces températures uue pression suffisante.

L'acide arsénieux pur et pulvérisé est placé dans un tube de verre contenu lui-même dans un tube d'acier contenant une certaine pression d'oxygène, puis maintenu pendant un temps suffisant à des températures variées. On opère généralement sur 2^g d'acide arsénieux.

Parmi les nombreux essais effectués, je citerai seulement trois expériences effectuées à 400° pendant 5 heures 40, à 430° pendant 7 heures 20 et à 450° pendant 5 heures. Les pressions de l'oxygène étaient respectivement de 130, 127 et 138 atmosphères.

Dans tous les cas nous avons constaté une oxydation partielle de l'acide arsénieux ; le produit de la réaction nous a toujours donné une précipitation caractéristique de l'arséniate rouge brique. La quantité d'acide arsénieux oxydé augmente, toutes choses égales d'ailleurs, avec la température, comme l'ont montré les trois essais précédents.

L'acide arsénieux et son produit d'oxydation se subliment dans les régions supérieures du tube de verre et au sommet du tube d'acier qui émerge du four électrique de chauffage. Les parties sublimées sont cristallisées. Un simple examen montre que les parties sublimées ne sont pas homogènes, on y distingue à côté de l'anhydride arsénieux des aiguilles brillantes hygroscopiques.

Voici la composition des produits sublimés prélevés dans différents essais :

	As^2O^3.	As^2O^5.
I.	0,206	0,144
II.	0,324	0,200
III.	0,278	0,650
IV.	0,198	0,391

Dans l'expérience III, l'acide arsénieux avait été chauffé pendant 7 heures à la température de 480° avec une pression en oxygène de 180^{atm}.

Dans tous les cas, le verre est toujours légèrement attaqué par les vapeurs des produits arsenicaux.

Berthelot avait déjà reconnu que la solution arsénieuse s'emparait de

l'oxygène; cette oxydation est manifeste à 100° après 48 heures d'action; une lame de platine active cette oxydation et permet de la rendre évidente après deux mois de contact avec l'air à la température ordinaire.

Nous avons fait différents essais dans cette direction, en opérant sous pression, en vue si possible d'en faire une méthode de préparation pratique de l'acide arsénique. Par exemple, une solution concentrée d'acide arsénieux dans la soude, maintenue pendant 5 heures à 80° sous une pression d'oxygène de 50^{atm}, s'est transformée en arséniate dans la proportion de 10,9 pour 100. Nous n'avons pas réussi, en changeant les conditions, agitation, essais de quelques catalyseurs, etc., à obtenir une oxydation suffisamment rapide pour en faire une méthode pratique de passage de l'acide arsénieux aux arséniates.

Nous mentionnons, en terminant, que nous avons cru reconnaître, dans certains essais, la formation d'un oxyde intermédiaire $As^2O^3 . As^2O^5$ à partir de l'acide arsénieux; c'est un point sur lequel des précisions devront être apportées.

GÉOLOGIE. — *Sur la formation du premier océan.* Note [1] de M. **Ch. Gorceix**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans une Note précédente (5 janvier 1920) j'ai montré quelle pouvait être l'utilité de l'étude des déformations d'une surface d'égale densité, convenablement choisie dans l'écorce terrestre, pour en déterminer les conditions d'équilibre, lorsque celle-ci subit d'importantes modifications superficielles. C'est ainsi que ces considérations permettent de déterminer ce qu'a pu être la surface du globe lors de la première apparition de l'eau, question jusqu'ici laissée dans le vague par les géologues.

Il ne semble pas qu'il puisse y avoir de doutes sur le déluge intense, décrit par E. Belot comme s'étant produit lorsque la température s'abaissa à 365°, température critique de l'eau. Avant ce moment le géoïde avait une surface régulière, à peine érodée par le déluge critique des sels hyalins, survenu à 800° et infiniment moins important que celui de l'eau.

Comment l'eau tombée en masses énormes put-elle se rassembler pour former des océans?

On ne voit guère que trois hypothèses : 1° Sous l'influence de forces indéterminées, un ridement quelconque existait *avant la chute*, l'eau se

(1) Séance du 12 avril 1920.

serait alors rassemblée dans les creux; 2° l'eau trouvant une surface unie forma d'abord une couche régulière et les forces indéterminées provoquèrent le ridement *après la chute;* 3° enfin, comme l'a imaginé E. Belot, l'eau tombant autour du pôle austral creusa de gigantesques vallées dont les débris constituèrent, vers le Nord, les soubassements continentaux.

Nous allons montrer qu'il n'a pu y avoir équilibre que dans le cas de la troisième hypothèse.

Dans tout ce qui va suivre nous raisonnerons sur une coupe verticale de l'écorce, au-dessus du niveau d'isostasie, en désignant par H et h les épaisseurs des couches de densités moyennes δ_0 et δ_1, situées de part et d'autre de la couche d'égale densité, choisie de façon à laisser au-dessous d'elle toute la partie visqueuse de l'écorce. Nous mettrons les indices 0, 1, 2 pour la position initiale, les voussoirs continentaux, les voussoirs marins; C et M (négatif) seront les cotes moyennes du continent et du fond de la mer dont le niveau est à ε au-dessus de la surface du géoïde primitif; S_T et S_M les surfaces terrestre et maritime dont le total forme la surface connue S du globe; $\frac{S_T}{S_M} = \alpha$.

Pour le géoïde initial, H'_0 et h_0 sont constants, $\varepsilon = 0$, $\alpha = \infty$, $C = 0$, $M = 0$.

Dans la première hypothèse, on voit immédiatement qu'il se produirait entre les voussoirs en relief et ceux en creux une différence de poids proportionnelle à $(C - M)(\delta_0 - \delta_1)$; il ne saurait y avoir équilibre que pour $M = C = 0$; elle est donc à rejeter.

Dans la deuxième, nous avons une couche d'eau d'épaisseur ε sur toute la surface, un ridement se produit, elle se rassemble dans les creux, le niveau varie de ε'.

Les équations d'équilibre réduites sont :

(1) Invariabilité du volume de l'eau......... $-S_M M = S\varepsilon$
(2) Égalité de poids de deux voussoirs....... $C\delta_0 = -M(\delta_0 - 1)$
(3) Conservation du volume du visqueux.... $-S_M(\varepsilon + \varepsilon' + M) = S_T(\varepsilon + \varepsilon' + C)$

d'où l'on tire, en fonction de C, si l'on adopte, d'après Véronnet, pour $h_0 = H_0 = 48^{km}$, $\delta_0 = 2{,}76$, $\delta_1 = 2{,}669$:

$$\frac{S_M}{S} = \frac{\varepsilon}{1{,}565\,C}, \qquad M = -1{,}565\,C, \qquad \varepsilon' = -C + \frac{\varepsilon}{1{,}565}.$$

Or, ε' doit être < 0, car $\varepsilon' > 0$ conduit à $S_M > S$ et $\varepsilon' = 0$ à l'état initial; donc, pour qu'il puisse y avoir équilibre, il faut que $C > \frac{\varepsilon}{1{,}525}$.

Cette condition, *si elle arrive à se réaliser*, ne peut se maintenir, car la chute d'eau n'étant pas localisée, il y a érosion ; C diminue indéfiniment au fur et à mesure de la formation continentale, tandis que ε est fini. L'équilibre, si toutefois il a pu se produire, sera *instable*. Cette hypothèse est encore à rejeter.

Reste donc la troisième. Cette fois, la couche de densité δ_1 a été érodée de $h_0 - h_2$ dans les voussoirs marins et, au contraire, augmentée de $h_1 - h_0$ dans les voussoirs continentaux et les six équations d'équilibre réduites deviennent, e étant l'épaisseur moyenne d'eau tombée, répartie sur toute la surface S : (Il n'y a de pluie qu'au pôle austral, donc pas d'érosion pluviale.)

$$M = e(1+\alpha), \qquad \alpha = \frac{h_0 - h_2}{h_1 - h_0}, \qquad H_1\delta_0 + h_1\delta_1 = -M + h_2\delta_1 + H_2\delta_0 ;$$

$$\alpha = \frac{H_2 - H_0}{H_0 - H_1}, \qquad H_1 + h_1 - C = H_0 + h_0 + \varepsilon, \qquad H_2 + h_2 - M = H_0 + h_0 + \varepsilon,$$

qui, résolues par rapport à α, donnent

$$M = -e(1+\alpha), \qquad \varepsilon = e\left(1 + \alpha\frac{\delta_0 - 1}{\delta_0}\right) - \frac{\delta_0 - \delta_1}{\delta_0}(h_0 - h_2) ;$$

$$C = -e(1+\alpha)\frac{\delta_0 - 1}{\delta_0} + \frac{1+\alpha}{\alpha}\,\frac{\delta_0 - \delta_1}{\delta_0}(h_0 - h_2), \qquad h_1 - h_0 = \frac{h_0 - h_2}{\alpha} ;$$

$$H_1 - H_0 = \frac{e}{\delta_0} - \frac{\delta_1}{\delta_0}\,\frac{h_0 - h_2}{\alpha}, \qquad H_2 - H_0 = -\frac{e\alpha}{\delta_0} + \frac{\delta_1}{\delta_0}(h_0 - h_2).$$

M ne dépend que de α, les *variations* des autres quantités sont proportionnelles à l'érosion.

Ces formules permettent de définir complètement la surface moyenne si l'on connaît e et α.

En adoptant les chiffres, très vraisemblables de E. Belot, qui donnent $e = 1360^{\mathrm{m}}$ et comme profondeur actuelle des socles continentaux 2500^{m} environ, les cartes bathymétriques indiquent que $\alpha = 1$; on pourra donc en conclure que

$$M = -2^{\mathrm{km}},720, \qquad C = 0^{\mathrm{km}},240, \qquad E = 1^{\mathrm{km}},240,$$

$$h_1 - h_0 = h_0 - h_2 = 30^{\mathrm{km}}, \qquad H_0 - H_1 = 28^{\mathrm{km}},460, \qquad H_2 - H_0 = 28^{\mathrm{km}},460 ;$$

ce qui montre quelle érosion profonde (30^{km}) et quelle déformation considérable ($28^{\mathrm{km}},460$) de la couche δ_1 ont été nécessaires pour produire un relief environ $\frac{1}{3}$ du relief actuel.

Nous avons choisi arbitrairement $h_0 - h_2 = 30^{\mathrm{km}}$, guidé uniquement par cette considération que, pour que C soit positif, il était nécessaire que $h_0 - h_2 > 26^{\mathrm{km}}$ et pour avoir *un ordre de grandeur* du phénomène.

En fait, $h_0 - h_2$ est fonction de e et d'autres facteurs qui nous échappent, on ne peut donc en choisir la valeur *a priori*. Mais comme nous connaissons l'état actuel, il est possible qu'en suivant la filière des phénomènes et par tâtonnement on puisse arriver à en retrouver une valeur approchée.

L'importance de l'érosion ne doit pas nous surprendre, si l'on se reporte à l'idée exprimée et démontrée par E. Belot que l'eau avait dû parcourir une trentaine de fois le circuit des deux pôles avant de se fixer définitivement. *C'est d'ailleurs une condition formelle d'équilibre* qu'on ne peut écarter.

Le fond des mers est donc constitué par des couches primitivement très profondes et plus denses que celles des continents et les anciens rivages constituent, par suite de cette énorme érosion, des lignes de moindre résistance rapprochées de la partie visqueuse.

On voit que, grâce à cette méthode, il est possible de retrouver la première déformation du géoïde qui fut l'aube du troisième jour de la Genèse, le déluge critique ayant occupé le deuxième.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Œnothéracées. Développement de l'embryon chez l'*Œnothera biennis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Guignard.

Les observations de Hanstein (¹) sur l'*Œnothera nocturna* reproduisent fidèlement celles qu'il a publiées au sujet du *Capsella Bursa-pastoris;* elles renferment les mêmes lacunes et les mêmes erreurs, par exemple, celles qui concernent l'origine de l'hypophyse, la formation des quadrants et des octants, la différenciation des deux histogènes internes.

Chez l'*Œnothera biennis*, à la division transversale de la cellule-œuf succèdent, d'abord, une segmentation longitudinale de la cellule apicale, puis un cloisonnement transversal de la cellule basale (*fig.* 1, 2 et 3). La tétrade se trouve ainsi composée de deux cellules supérieures juxtaposées et de deux cellules inférieures superposées comme chez la plupart des Angiospermes. Les destinées de ces quatre éléments sont exactement les mêmes que celles des quatre cellules de la tétrade du *Myosurus minimus* (²) :

(¹) J. Hanstein, *Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen* (*Bot. Abhandl.*, t. 1, Bonn, 1870).

(²) R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Renonculacées* (*Bull. Soc. bot. de France*, t. 58, 1911, p. 546).

les deux cellules supérieures donnent naissance aux deux parties, cotylée et hypocotylée, de l'embryon proprement dit, la cellule intermédiaire *m* devient la cellule hypophysaire et l'élément inférieur *ci* engendre le suspenseur. Par segmentation verticale des deux cellules supérieures se forment les quadrants (*fig.* 4, *q*), qui sont, de la sorte, disposés dans un plan horizontal; le cloisonnement transversal de chaque quadrant donne naissance aux octants (*fig.* 5). Les quatre octants supérieurs corres-

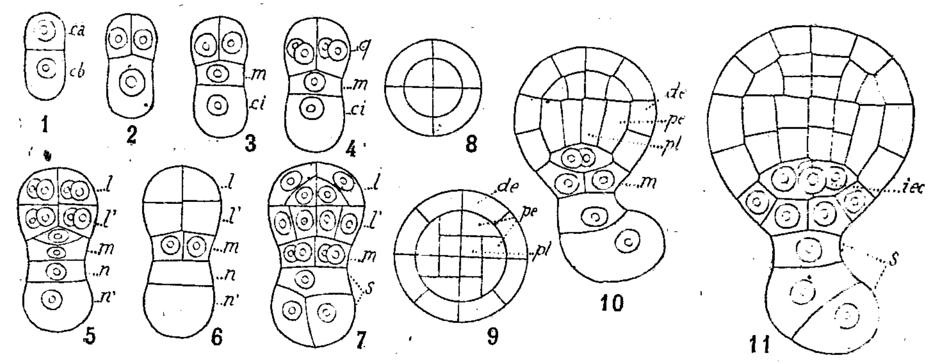


Fig. 1 à 11. *Œnothera biennis* L. — Figures schématiques montrant les principales étapes du développement de l'embryon: *ca*, cellule apicale, et *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *l* et *l'*, parties cotylée et hypocotylée; *s*, suspenseur; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales du périblème. En 8 et 9, coupes transversales de l'étage *l'* aux stades représentés en 7 et 10.

pondent à la partie cotylée (*l*); les quatre octants inférieurs représentent la partie hypocotylée (*l'*). La marche des segmentations dans les octants inférieurs et supérieurs est tout à fait comparable à celle qui a été décrite au sujet des *Lepidium* (¹); le dermatogène se sépare dès la première division; le périblème et le plérome s'individualisent, dans l'octant inférieur, seulement après deux divisions verticales rectangulaires (*fig.* 7, 8 et 9).

C'est pendant la différenciation des octants que se segmentent les deux cellules inférieures de la tétrade. La cellule *ci* se cloisonne transversalement et les deux éléments auxquels elle donne naissance (*n* et *n'*) peuvent ne plus subir de divisions ou se cloisonner encore une ou deux fois seulement; ils se convertissent en un suspenseur pauci-cellulaire, peu allongé (*fig.* 7, 10 et 11, *s*).

La cellule *m* se partage en général, par une cloison en verre de montre,

(¹) R. Souèges. *Nouvelles recherches sur le développement de l'embryon chez les Crucifères* (*Ann. sc. nat. Bot.*, 9ᵉ série, t. 19, 1914, p. 311).

en deux cellules fort inégales ; celles-ci, à leur tour, par deux cloisons méridiennes cruciales donnent naissance à deux groupes de quatre éléments superposés. Dans quelques cas, la cellule *m* prend tout d'abord deux cloisons méridiennes rectangulaires (*fig.* 6 et 7) séparant quatre quadrants hypophysaires, lesquels, par segmentation horizontale, conduisent de même à la constitution de deux groupements de quatre cellules superposées. Les quatre éléments supérieurs représentent les initiales de l'écorce (*fig.* 11, *iec*) ; les quatre éléments inférieurs, par des cloisonnements verticaux rectangulaires, puis tangentiels, donnent naissance aux deux premières assises de la coiffe. Ce dernier tissu s'étend à droite et à gauche par segmentations tangentielles des cellules du dermatogène de l'axe hypocotylé ; il s'accroît en épaisseur par divisions tangentielles centripètes de son assise la plus interne, devenue l'assise calyptrogène.

Chez toutes les formes embryonnaires étudiées jusqu'ici, on a pu remarquer que le stade des quadrants correspond à celui du proembryon octocellulaire, que les octants se différencient au moment où le proembryon comprend seize cellules; ce qui revient à dire que, dans ces exemples, les premiers blastomères conservent une puissance égale de division pendant au moins quatre générations cellulaires. Chez l'*Œnothera biennis*, les quadrants s'observent dans un proembryon hexacellulaire et, au moment de la constitution des octants, le proembryon se compose seulement de douze éléments; l'équipollence des premiers blastomères est interrompue au terme de la deuxième génération, après formation de la tétrade; deux éléments de cette dernière se divisent seuls pour donner les quadrants, tandis que les deux éléments inférieurs restent quelque temps indivis. On doit considérer ce retard dans la division des blastomères inférieurs comme un indice de différenciation tout aussi important que ceux que l'on peut tirer de l'ordre des segmentations ou des modifications morphologiques, externes ou internes. En déterminant le moment précis de l'évolution où il se produit, on peut acquérir des données intéressantes pour définir, en embryogénie comparée, le degré de perfection de telle ou telle forme embryonnaire.

Par les destinées de ses quatre premières cellules proembryonnaires, l'embryon de l'*Œnothera biennis* doit être rapproché de celui du *Myosurus minimus;* dans les deux cas, en effet, les quatre cellules de la tétrade engendrent les mêmes régions du corps de l'embryon. Le rôle de la cellule intermédiaire *m* mérite surtout de retenir l'attention, car c'est sa différenciation très précoce en cellule hypophysaire qui sépare nettement l'embryon

de l'*OEnothera* de celui des Crucifères. Ces deux dernières formes peuvent, d'ailleurs, être comparées par la marche des segmentations dans les octants et dans l'hypophyse, par le nombre des initiales de l'écorce au sommet radiculaire.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence d'une dose réduite de potassium sur les caractères physiologiques du* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **M. Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On peut espérer obtenir des indications sur le rôle que joue chacun des éléments reconnus nécessaires au développement d'un végétal en observant la nature des troubles qui surviennent lorsque ces éléments sont fournis à une dose insuffisante; c'est ce qui m'a engagé à comparer des cultures de *Sterigmatocystis nigra* effectuées, les unes en présence de la solution assurant le développement optimum, les autres sur un milieu ne différant du précédent que par la réduction d'un des corps concourant à la nutrition du champignon.

En fait, chaque fois que le taux d'un des éléments indispensables à la Mucédinée vient à être réduit dans une assez forte proportion, il apparaît des modifications dans les propriétés physiologiques du végétal et ces modifications sont nettement fonction de la nature de la substance sur laquelle a porté la réduction; nous considérerons spécialement dans cette Note le cas du potassium.

Le milieu nutritif complet utilisé dans ces recherches avait la composition suivante :

Eau	1000^{cm^3}
Saccharose	47^g
AzO^3AzH^4	3,150
PO^4KH^2	0,950
$SO^4Mg + 7H^2O$	0,650
$SO^4Fe + 7H^2O$	0,047
$SO^4Zn + 7H^2O$	0,047

Le liquide dans lequel le potassium était fourni à une faible dose ne différait du précédent que par une teneur 80 fois moindre en PO^4KH^2, la quantité de phosphore étant maintenue la même par l'addition d'une dose appropriée de $PO^4Na^2H + 12H^2O$. Ces cultures étaient faites dans les

deux cas à 35°, dans des fioles coniques de 1¹ de capacité et contenant 150cm³ de liquide nutritif.

Le Tableau suivant renseigne sur la marche des deux sortes de cultures en ce qui concerne le poids de substance sèche formée, l'acidité du liquide, la quantité d'acide oxalique produite, la quantité de sucre consommé et le pouvoir rotatoire [α] des sucres restant dans la solution, propriété qui permet de suivre l'utilisation comparée du glucose et du lévulose.

Durée en jours.	Poids sec.	Acidité (cm³ N).	Acide oxalique.	Sucre consommé.	[α].
		Milieu complet.			
			mg	mg	°
1.........	553	1,4	0	1204	—19
1 $\frac{1}{3}$.......	2214	3,1	0	4476	—22
1 $\frac{2}{3}$.......	2578	1,4	0	5379	—23
2.........	3057	1	12	6587	—23
2 $\frac{1}{3}$.......	3108	0,9	20	7056	»
2 $\frac{2}{3}$.......	2909	0,8	30	7200	»
3.........	2457	0,6	76	»	»
4.........	2089	0,6	104	»	»
6.........	1659	»	136	»	»
8.........	1559	»	172	»	»
		Milieu à dose de K réduite à $\frac{1}{80}$.			
2.........	430	2	0	960	—23
3.........	717	3,7	0	1697	—25
5.........	877	5,4	36	2634	—35
10.........	984	14,4	364	4228	—46
15.........	1273	18,2	540	5797	—58
20.........	1515	17,1	564	7200	»
30.........	1561	11,6	396	»	»
40.........	1330	3,5	120	»	»
45.........	1280	3,5	112	»	»
50.........	1240	3	92	»	»

On voit qu'alors que, dans le premier cas, tout le sucre est consommé en 2 jours $\frac{1}{3}$ environ, il ne l'est, dans le second cas, qu'au bout d'une vingtaine de jours. Dès que la petite quantité de potassium offerte au champignon est absorbée, la croissance de celui-ci devient très lente et le rendement en mycélium est très affaibli; le sucre est en grande partie oxydé, mais, au lieu de donner uniquement naissance à du gaz carbonique, il aboutit à la formation d'une importante quantité d'acide oxalique qui va en croissant régulièrement tant qu'il subsiste du sucre dans le liquide nutritif.

J'ai donné récemment une démonstration de l'hypothèse émise en premier lieu par Wehmer, reprise par Amar, Benecke, etc., suivant laquelle l'acide oxalique est formé chaque fois que le milieu tend à devenir alcalin; le fait est réalisé soit lors de l'autolyse du mycélium qui donne naissance à de l'ammoniaque, soit lorsque le milieu minéral fourni est constitué de telle façon que des cations se trouvent s'y accumuler; c'est en particulier ce qui a lieu lorsque la substance azotée est formée par du nitrate de potassium ou de sodium; dans ces diverses circonstances l'alcali est saturé par de l'acide oxalique, celui-ci se retrouve donc dans le liquide à l'état d'oxalate.

Dans la culture effectuée en présence d'une dose réduite de potassium, c'est de l'acide oxalique libre qui apparaît et nous sommes amenés à penser que sa formation correspond à un trouble du phénomène respiratoire qui aurait besoin pour se produire normalement d'une quantité plus grande du métal considéré. J'ai d'ailleurs déjà montré que le *Sterigmatocystis nigra* modifie également le mode normal d'oxydation du sucre lorsqu'on ne met à sa disposition qu'une quantité insuffisante d'azote assimilable; mais il est remarquable que dans ce cas ce n'est pas de l'acide oxalique qui se produit, mais de l'acide citrique.

Lorsque tout le sucre est consommé, nous voyons disparaître peu à peu l'acide oxalique qui est à son tour oxydé.

Je signalerai plus rapidement les autres caractères différentiels présentés par les cultures où le potassium est en faible quantité :

1° Disparition plus rapide du glucose que du lévulose;

2° Absence totale de conidies et du pigment noir apparaissant normalement au début de la période d'autolyse;

3° Formation hâtive d'un pigment d'un beau jaune d'or diffusant dans le liquide;

4° Production d'une substance soluble dans le liquide de culture et colorable en bleu par l'iode; c'est celle que Tanret a mis en évidence dans des cultures où s'accumulait un acide minéral; cette substance disparaît avec l'acide oxalique.

Ces indications suffisent à montrer que le potassium a une action spécifique très marquée sur le développement du *Sterigmatocystis nigra* et la relation de l'insuffisance de certains éléments avec la formation de l'acide oxalique ou de l'acide citrique, apportera peut-être quelque clarté dans la manière dont les acides organiques se comportent chez les végétaux supérieurs.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Des conditions qui peuvent modifier l'activité de la chloropicrine vis-à-vis des plantes supérieures.* Note de M. **Gabriel Bertrand**, présentée par M. Roux.

On a vu, par divers exemples, que la chloropicrine était un agent très efficace de destruction des animaux nuisibles et, notamment, des insectes ([1]). Dans le cas de larves parasites des végétaux, telles que la livrée des arbres, qui a été prise comme type dans une série d'expériences comparatives, son activité s'est montrée au moins égale à celle de l'acide cyanhydrique ([2]). Il semble donc tout indiqué d'essayer de se servir de la chloropicrine, comme on le fait de plus en plus aujourd'hui de l'acide cyanhydrique, dans la lutte contre certaines maladies parasitaires des plantes cultivées.

En décrivant les effets généraux exercés par la chloropicrine sur les végétaux supérieurs ([3]), j'ai donné une idée des doses de substance qu'il y a lieu de ne pas dépasser. Il me reste à faire connaître dans quelle mesure les effets sont influencés par la concentration, la durée du traitement, la température et d'autres conditions qui peuvent se présenter dans la pratique.

Les expériences ont été effectuées suivant la méthode décrite dans une Note antérieure ([3]), sur des rameaux feuillés appartenant à huit espèces différentes : le fusain du Japon, le peuplier noir, le lilas, le poirier, l'orme, le mélilot et la marguerite dorée; mais c'est principalement sur la première de ces espèces que les expériences ont été nombreuses (plus d'une centaine).

Influence de la concentration et de la durée du traitement. — Pour mesurer cette influence, autant que cela est possible, on a procédé à des séries d'expériences dans lesquelles, soit les doses, soit les temps, ont été augmentés dans des rapports assez simples. Pour les doses, on a choisi 1^g, 2^g, 3^g, 4^g, 5^g, 10^g, 20^g, 30^g, 40^g, 50^g, 100^g et 200^g par mètre cube, et pour les temps 10, 20, 30, 40 et 60 minutes.

Les rameaux ont été laissés un quart d'heure dans la chambre noire où se faisait le traitement avant d'être introduits dans le flacon renfermant l'atmosphère titrée. On s'est arrangé pour opérer à peu près à la même température (limites extrêmes : + 15° et + 18°). Au sortir du flacon, les

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 168, 169 et 170.

([2]) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 911.

([3]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 858. — Page 859, ligne 14, après *quelques grammes*, ajouter *et davantage*.

rameaux ont été placés sur la table du laboratoire à côté des rameaux témoins, dans des conditions identiques de température et d'éclairement, et l'on a observé, pendant plusieurs jours, les moindres indices de transformation des feuilles : couleur, degré d'étalement, aspect luisant ou terne des faces, odeur, etc.

D'après ces observations, lorsque les différences de traitement ne sont pas très grandes, les effets de la chloropicrine sont à peu près proportionnels à la concentration des vapeurs et à la durée de l'action. Par exemple, on a observé les mêmes effets, ou pour ainsi dire les mêmes effets, sur les rameaux qui ont été traités :

20 minutes	à la dose de	30^g	ou	30 minutes	à la dose de	20^g
10	»	10	ou	20	»	5
10	»	4	ou	20	»	2

Mais ce n'est là qu'une loi approchée, pour servir de guide dans la pratique. En réalité, il semble que l'action augmente un peu plus vite que la concentration et la durée. Cela devient surtout manifeste quand on compare entre elles des doses ou des durées très différentes.

Influence de la température. — On a opéré à trois températures différentes : entre + 4° et + 5° dans une glacière, à + 15°,5 dans un laboratoire souterrain, et entre + 25° et + 26° dans une chambre thermostat. Des rameaux de fusain du Japon ont été soumis, à chacune de ces températures, à l'action d'atmosphères contenant 5^g, 10^g et 15^g de chloropicrine par mètre cube et, cela, durant 10, 20 et 30 minutes. A la température de + 4° à + 5° on a ajouté deux séries d'expériences avec des atmosphères titrées à 20^g et à 30^g, afin d'augmenter l'échelle de comparaison. On a toujours laissé les rameaux durant un quart d'heure à la température choisie avant de les introduire dans le flacon, et l'on a réservé des témoins, exposés aux mêmes températures pendant des durées égales. Au sortir du flacon, les rameaux sont restés en observation durant plusieurs jours sur la table du laboratoire, entre + 10° et + 20°.

L'influence de la température a été très nette, mais pas du tout aussi grande que dans le cas des charançons où dominait la loi de vant' Hoff et d'Arrhenius [1]. Cela s'explique sans aucun doute par cette circonstance que l'action de la chloropicrine n'est pas limitée au temps court pendant lequel les feuilles sont exposées aux vapeurs, mais continue à s'exercer

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1059.

lorsque les rameaux, mis en observation, se trouvent tous soumis ensemble et pendant beaucoup plus longtemps à la même température.

Influence de la lumière. — Dans le traitement des plantes par l'acide cyanhydrique, on considère comme indispensable d'opérer à l'abri de la lumière et, de préférence, dans une obscurité presque complète. Avec la chloropicrine, je n'ai trouvé, dans un grand nombre d'expériences comparatives, aucune différence entre les effets produits à l'obscurité, dans la chambre noire, et ceux obtenus à la lumière diffuse, dans le laboratoire. Par contre, la lumière directe du soleil s'est montrée franchement défavorable. Dans les expériences au soleil, où l'on a fait varier les doses depuis 1^g jusqu'à 10^g par mètre cube et les durées d'exposition depuis 10 minutes jusqu'à 30 minutes, le flacon était arrosé de manière à maintenir la température intérieure à $+25°$. Les effets ont pu être comparés ainsi à ceux obtenus à l'obscurité dans une étuve. L'action de la chloropicrine a été fortement renforcée et telle qu'une exposition de 10 minutes à la dose de 1^g par mètre cube a déjà été fatale au fusain du Japon. Mais, en même temps, la vapeur organique avait subi une décomposition et l'atmosphère du flacon présentait une odeur nitreuse.

Influence de l'humidité. — On pense généralement, dans l'emploi de l'acide cyanhydrique, que l'on doit s'abstenir de tout arrosage avant l'opération et que les plantes, comme le sol, ne doivent pas être humides. J'ai reconnu que ni le degré hygrométrique de l'air, ni même la présence d'humidité sur les feuilles, n'influencent l'activité des vapeurs de la chloropicrine.

Toutes ces données étaient indispensables à établir avant d'entreprendre le traitement des plantes cultivées.

ANATOMIE. — *D'une mesure anatomique qui permet le diagnostic du sexe d'un crâne humain : l'indice condylien.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Après avoir reconnu que l'indice glénoïdien de la vertèbre atlas indiquait plus nettement encore le sexe d'un sujet que l'indice des masses latérales de cet os, j'ai eu l'idée de rechercher si l'indice fourni par les condyles de l'occipital pouvait servir de même au diagnostic du sexe de ce dernier ossement.

A priori, il devait en être ainsi, puisque le condyle ne représente en

somme que la *contre-empreinte* osseuse de la *cavité* articulaire supérieure de la première cervicale.

De nombrenx examens anatomiques n'ont fait que confirmer, d'une façon réellement éclatante, cette hypothèse.

L'indice condylien donne des indications, d'ordre mathématique, très précises en effet, sur le sexe d'un crâne, pourvu d'un occipital, dont il peut ne persister, au demeurant, qu'un unique condyle.

Ce procédé, quand il est utilisable, est beaucoup plus sûr, surtout pour les non initiés, que celui actuellement en usage dans les laboratoires d'anthropologie, puisque ce dernier est basé, non sur des mensurations faciles à faire, mais seulement sur des appréciations, vagues et personnelles, de la forme et de l'aspect de la voûte cranienne.

J'appelle *indice condylien* le chiffre fourni par les diamètres antéropostérieur et transverse maximum de la surface articulaire du condyle. On le calcule, comme d'ordinaire, en divisant par la longueur, dimension maximum, la largeur, dimension minimum, multipliée par 100.

Les nombres obtenus varient, bien entendu, avec les espèces animales.

Pour l'homme *adulte*, en particulier, les chiffres oscillent entre 40 et 70. Le sexe masculin varie seulement de 40 à 50 (moyenne : 45). La femme au contraire atteint de 50 à 70 (moyenne : 60).

Donc tout indice supérieur à 51, et surtout à 55, montre qu'on a affaire à un crâne féminin.

Cet indice est extraordinairement précieux, en préhistoire, pour l'étude des grands ossuaires néolithiques où les crânes sont toujours *brisés*, par suite de la coutume de la décarnisation des cadavres, et où l'on ne trouve guère que des débris d'occipitaux à un seul condyle.

Il rendra également en médecine légale, dans les mêmes conditions, des services inappréciables.

Je ne citerai ici que quelques résultats :

Les crânes de la Pierre polie de l'ossuaire de Bazages-en-Pareds (Vendée) ont donné les chiffres suivants : Hommes : 44; 45,45; 48. Femmes: 50; 52; 52,17.

Une sépulture par inhumation gallo-romaine correspond à : Hommes : 43,43; 46,19. Femmes : 50; 57,14; 65.

On constate de suite aussi que pour les femmes de l'âge de Fer l'indice est plus élevée qu'à la Pierre polie.

Ce fait est confirmé par un crâne de femme de l'époque mérovingienne, qui atteint 68.

Chez l'enfant, l'indice est beaucoup plus petit que chez l'adulte : ce qui rapproche l'enfant des singes (*chimpanzé*) : femelle : 60; mâle : 33,33, tient exlusivement à la taille. L'indice du gorille (femelle : 58,53) le prouve, puisqu'il dépasse celui de l'homme mâle. Le gibbon est intermédiaire (45,45).

La Vénus hottentote donne, au demeurant, 64,70.

L'avantage de ce procédé sur tous les autres est qu'il permet de diagnostiquer le sexe d'un crâne d'après des dessins et des photographies de la *norma inferior* bien exécutées, quelle que soit l'échelle de la figure, souvent réduite au tiers ou à la moitié. En effet, il ne s'agit ici que d'un *rapport*, les dimensions absolues ne donnant pas d'ailleurs des résultats aussi précis, quoique intéressants.

ZOOLOGIE. — *Rendement comparé d'appareils pélagiques*. Note de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Yves Delage.

Le rendement d'nne pêche pélagique, en supposant fixé le nombre d'animaux répartis dans la masse liquide au moment de la pêche, est en rapport direct avec la quantité d'eau qui a passé à travers le filtre que représente l'appareil employé.

Les animaux pélagiques sont, en effet, peu mobiles et leur fuite est, d'ordinaire, impossible, pourvu que le filtre ait des mailles assez fines pour les arrêter au passage.

Par conséquent, sauf dans le cas de recherches spéciales où l'on se proposerait pour but de recueillir tous les organismes, même les plus petits, il n'y a pas, pratiquement, avantage à employer un filtre à mailles trop fines, qui empêche une filtration rapide, retient les particules inorganiques et facilite le colmatage des animaux recueillis.

C'est en me basant sur ces considérations que j'ai essayé comparativement les appareils suivants :

J'ai fait construire deux récipients cylindriques de même taille, mesurant $0^m,25$ de diamètre sur $0^m,35$ de hauteur, ouverts à l'une de leurs extrémités et fermés à l'autre.

Ces deux récipients ne diffèrent que par la présence, dans le premier, de deux orifices latéraux et, dans le second, de douze orifices semblables, disposés sur deux rangs.

Ces orifices latéraux, saillants, de forme cylindrique et de $0^m,05$ de dia-

mètre, peuvent être obturés, isolément, par un filtre d'étoffe, tendu et maintenu en place par un collier de serrage.

Le premier de ces récipients (celui à deux orifices seulement) est surmonté d'un filet pélagique en soie à bluter de 1^m de diamètre sur 1^m de hauteur, dont il forme le fond.

Le deuxième récipient (celui à douze orifices) est employé seul.

Il semble, au premier abord, que si l'on emploie les deux récipients ensemble et pendant la même durée, le récipient muni du filet pélagique va recueillir un bien plus grand nombre d'animaux que le second. Cependant il n'en est pas ainsi lorsque les orifices latéraux du récipient qui travaille sans filet sont munis, au lieu de soie à bluter à mailles très fines, d'une gaze de soie à cinq brins croisés par millimètre carré, c'est-à-dire à mailles sensiblement plus larges.

J'ai fait à ce sujet une série d'expériences à la station biologique d'Arcachon, dirigée par M. le Dr Joliet, et, grâce à M. Dufrénoy, qui m'a aidé dans tous ces essais et a effectué, en double, avec moi le comptage des animaux recueillis, j'ai pu constater les faits suivants :

ESSAI DU 31 MARS 1920. — Les deux appareils (récipient muni du filet pélagique et récipient seul) sont immergés pendant 20 minutes en pleine rade et dans un fort courant. Le récipient seul a ses douze orifices obturés avec de la gaze de soie, celui qui est réuni au filet pélagique a ses deux orifices obturés par de la soie à bluter.

Le comptage donne 2391 *Copépodes* (¹) *pour le récipient seul et* 244 *Copépodes seulement pour le récipient muni de filet.*

ESSAI DU 2 AVRIL 1920. — Les seules modifications du dispositif consistent en ce que les orifices du récipient muni du filet pélagique sont garnis de gaze de soie, comme ceux du récipient seul, et la durée de l'immersion réduite à 10 minutes.

Le comptage donne 1053 *Copépodes pour le récipient seul et* 464 *pour le récipient muni du filet.*

Dans cette courte Note, je citerai, parmi la série des expériences effectuées, seulement ces deux expériences. Elles me paraissent suffire pour mettre en évidence l'importance de la nature du filtre pour le rendement de la pêche pélagique.

(¹) Nous avons pu nous borner au comptage des Copépodes, parce qu'ils formaient la presque totalité des animaux recueillis dans les deux appareils.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La propagation du mouvement ondulant des muscles du squelette chez les embryons avancés de Sélaciens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *après section ou résection partielle de la moelle.* Note de M. P. **Wintrebert**, présentée par M. Y. Delage.

Les expériences de décapitation et de section de la moelle à différents niveaux du tronc chez le Chien de mer ont établi (Steiner, 1888-1900; Polimanti, 1911) que les centres médullaires isolés des Sélaciens sont capables, comme ceux de l'Amphioxus et de l'Anguille, de produire des mouvements de nage ondulatoires et coordonnés. Je me suis proposé d'élucider le mécanisme grâce auquel s'établit entre les centres médullaires de l'embryon la coordination qui aboutit au mouvement propagé. Contrairement à l'opinion classique, la continuité de la moelle n'est pas nécessaire, aux premiers temps de la liaison neuro-musculaire, pour assurer cette propagation.

J'ai pratiqué d'une part des sections médullaires et d'autre part des destructions et ablations localisées de la moelle, facilitées par une chlorétonisation préalable des animaux.

A. *Sections transversales de la moelle.* — Faites aux stades M, N, O (Balfour) et souvent multiples (jusqu'à 4), elles permettent la reprise rapide des ondulations bilatérales coordonnées. Au stade K, plus jeune, la section derrière le pédicule cause l'arrêt de l'onde; au stade O, la transmission de celle-ci s'accompagne fréquemment d'une réaction propre du segment postérieur, très excitable. Le passage d'une *courbure tonique* d'enroulement n'a lieu qu'aux derniers stades et à titre exceptionnel. La section surajoutée des nerfs latéraux laisse intacte la propagation du mouvement.

B. *Ablations et destructions médullaires localisées.* — *a.* Interruption de la moelle sur une longueur de 4 métamères au-dessus du cloaque, au stade P : après une stupeur prolongée, l'onde se propage du segment antérieur au segment postérieur, mais il n'y a pas de concordance entre les segments antérieur et postérieur au point de vue de l'intensité du mouvement; la contraction tonique ne passe pas; *b.* Destruction de deux fragments médullaires, de 6 métamères chacun, au-dessus du pédicule et du cloaque chez un embryon du stade M : reprise de l'onde propagée au bout d'une heure; *c.* Dilacération sur 8 métamères sus-cloacaux au stade N : l'onde ne passe pas; *d.* Dilacération ou ablation de la moelle sur 10 métamères au niveau du cloaque, au stade M : absence de passage.

Conclusion. — 1° La section de la moelle en plusieurs tronçons chez les embryons âgés de *Scylliorhinus canicula* laisse intacte la propagation du mouvement ondulant.

2° On obtient l'arrêt de cette propagation par la résection ou la dilacération d'un fragment de moelle qui dépasse 6 métamères.

Interprétation. — L'opinion que la conduction est d'ordre musculaire dans la région privée de moelle semble d'abord fondée; en effet, la contraction myotomique aneurale avec onde propagée, que j'ai signalé précédemment aux stades G, H, I (1917) (¹), persiste à l'état latent au début de la liaison neuromusculaire; mais, d'une part, elle disparaît définitivement au stade O et, d'autre part, quand elle est présente au stade L et M, la propagation cesse pour une ablation médullaire de 8 et de 10 métamères.

La fonction myotomique aneurale ne supplée donc pas la fonction nerveuse dans l'exécution du mouvement ondulant et les événements rapportés ici se passent exclusivement dans le domaine nerveux. Mais alors comment s'effectue la liaison nerveuse entre les segments séparés par une section ou par une résection médulaire? Il y a lieu de penser qu'elle s'établit par les nerfs périphériques. Il ne peut s'agir d'une voie d'anastomose directe, juxtamédullaire, entre les tronçons isolés de la moelle. En effet, au point de vue anatomique, la commissure longitudinale signalée par Balfour (1876) entre les racines dorsales n'est pas en jeu puisqu'elle est détruite dans toutes les interventions et, du côté des racines ventrales, on ne connaît pas d'anastomose longitudinale. Au point de vue physiologique, le défaut habituel de passage d'une contraction tonique d'un segment à l'autre et la concordance incomplète dans l'intensité des réactions de chacun d'eux, aux stades les plus avancés, indiquent que le segment postérieur ne reçoit qu'une excitation banale, sans rapport qualificatif avec l'impulsion venue du tronçon médullaire antérieur.

Voici dès lors la voie de liaison supposée; les nerfs du segment antérieur atteignent à 6 métamères de distance le premier myotome du segment postérieur et la contraction de celui-ci fournit l'excitation qui est le point de départ du réflexe. Cette conception s'appuye sur les recherches de Braus et de Muller. Braus (1911) (²) a constaté que l'excitation d'une seule racine ventrale déterminait, chez les Sélaciens adultes, la

(¹) P. Wintrebert, *L'automatisme des premiers mouvements du corps chez les Sélaciens* (*Comptes rendus,* t. 165, 1917, p. 369; t. 167, 1918, p. 86).

(²) H. Braus, *Die Nervengeflechte der Haie und Rochen* (*Jenaische Zs. Natw.*, 47, p. 569-632, 2 Taf.

contraction de 6 à 7 myotomes. Muller (1913) [1] étudiant le développement des plexus nerveux chez Acanthias a montré comment la disposition en zigzag des myotomes permet à un nerf de pénétrer la partie médio-ventrale de muscles placés à 6 et 7 myotomes de son origine radiculaire.

Les phénomènes observés dans le développement de la fonction nerveuse chez *Scylliorhinus canicula* s'accordent avec cette conception. Le comportement du segment postérieur, après section de la moelle, diffère suivant l'âge. Au stade K, le mouvement ne se poursuit pas, la voie réflexe n'est pas installée ; aux stades L, M, N, la propagation s'exécute constante et régulière; aux stades O, P, quand les centres spinaux, devenus plus excitables, présentent une plus grande indépendance et des réactions plus complexes, l'excitation transmise par voie réflexe, qui détermine la continuation du mouvement, suscite en même temps des réponses particulières qui troublent la régularité de l'onde propagée.

PHYSIOLOGIE. — *Le lapin privé de son appendice cæcal régénère cet organe par différenciation de l'extrémité du cæcum.* Note de M. **Paul Portier**, présentée par M. Yves Delage.

Les nombreux travaux produits sur les vitamines sont loin d'avoir élucidé cette importante question.

Si l'on envisage le problème au point de vue de la physiologie comparée, il nous semble que l'interprétation qui rend le mieux compte des faits acquis soit la suivante : l'aliment en dehors des principes chimiques détenteurs d'énergie; en dehors des protéiques et des substances salines doit, pour entretenir la vie, apporter des nucléines sous une forme adéquate au rajeunissement de l'appareil nucléaire et des mitochondries de la cellule. En d'autres termes, tout acte nutritif se doublerait d'une sorte de fécondation cellulaire. Pour nous, les vitamines ne sont autre chose que ces *nucléines fécondatrices*. Si celles-ci sont éliminées (décortication des graines); si elles sont tuées (chauffage de l'aliment à température élevée), les accidents d'avitaminose éclatent.

Dans la nature, dès qu'un être vivant ne trouve pas de vitamines dans sa nourriture, il héberge dans ses tissus un autre être producteur de nucléines.

---

[1] E. Muller, *Untersuchungen über die Anatomie und Entwickelung des peripheren Nervensystems bei den Selachiern* (*Arch. f. mikr. Anat.*, Bd 81, p. 325-377, Taf. XX-XXVIII.

Ce dernier peut être une bactérie, une levure, une algue, un protozoaire; le point essentiel est qu'il apporte à l'organisme qui l'héberge de la nucléine vivante qui, absorbée à un moment donné par phagocytose jouera le rôle fécondateur cellulaire indispensable.

Il est un mammifère qui résiste d'une manière remarquable à la privation de vitamines : c'est le lapin. Il suffit de faire ingérer à un de ces animaux recevant une nourriture stérilisée une partie de ses propres déjections pour le préserver des accidents de la carence (1). Il arrive même que certains lapins adultes conservent pendant très longtemps une santé parfaite bien qu'ils soient nourris uniquement avec des légumes hachés et stérilisés à haute température, donc privés de vitamines.

Dans l'interprétation que nous proposons, l'exception présentée par le lapin s'explique facilement par les faits découverts par MM. Regaud et Masson (2). Ces histologistes ont montré en effet que, chez cet animal, les microbes de l'intestin pénètrent d'une manière régulière et continue dans le milieu intérieur au niveau des organes lymphoïdes. Après s'être multipliés quelque temps, ces microorganismes sont phagocytés par les macrophages.

Cette phagocytose nutritive permanente va donc, d'après nos vues, fournir à l'organisme la nucléine organisée qui pourra remplacer celle qui fait défaut dans la nourriture.

Si cette interprétation des faits est exacte, il semble qu'on devra voir éclater régulièrement et rapidement les phénomènes de la carence chez les lapins, nourris aux légumes stérilisés, auxquels on aura enlevé l'appendice qui présente chez le lapin un développement considérable par rapport à sa taille, et qui est le principal organe lymphoïde de l'intestin.

Mais il était nécessaire de voir auparavant comment un lapin soumis au régime normal allait supporter l'ablation de l'appendice. C'est ici qu'un phénomène inattendu s'est présenté à nous.

Dans la plupart des cas, le lapin survit à l'opération, mais bien qu'il absorbe une très grande quantité de nourriture, il maigrit. Cependant, au bout d'un temps variable avec l'âge de l'animal et qui est d'un mois environ pour un adulte, il commence à reprendre du poids et son état devient prospère.

---

(1) P. Portier et Lucie Randoin, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 478.
(2) *Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 81, 1918, p. 1256, et t. 82, 1919, p. 30 et 144.

Si l'on sacrifie alors le lapin, on constate que des modifications importantes se sont produites du côté de son appareil digestif; nous n'envisagerons aujourd'hui que celles qui se rapportent au cœcum. Celui-ci, à son extrémité inférieure qui, bien entendu, a été fermée par adossement des séreuses au moment de l'opération, présente un aspect anormal. Son calibre est rétréci; ses parois semblent épaissies et offrent une teinte blanchâtre. Ces modifications s'étendent sur une longueur d'environ 7^{cm} ou 8^{cm} chez un lapin opéré depuis 3 mois.

L'examen histologique montre qu'à ce niveau, la paroi du cœcum a subi d'importantes modifications. La paroi du cœcum normal qui a une épaisseur de 240^{μ} environ, est formée de l'extérieur à l'intérieur par la couche séreuse, deux couches de fibres musculaires lisses de 156^{μ}, une mince couche conjonctive et une couche épitheliale glandulaire.

L'extrémité du cœcum modifiée présente une épaisseur de $1^{mm},5$ environ, soit donc environ six fois l'épaisseur primitive. La couche musculaire a cependant diminué d'épaisseur; elle n'est plus que de 70^{μ}; mais il s'est développé des amas de tissu lymphoïde, de véritables follicules, qui forment une couche d'une épaisseur moyenne de 1^{mm} environ.

Fait bien remarquable, on trouve reproduite la structure si spéciale de la couche lymphoïde décrite par Renaut dans l'appendice.

Ici comme dans l'appendice, les follicules présentent une *tête*, un *col* et un *corps* ayant dans leur ensemble la forme d'une gourde. Un *calice* enchasse la tête. Un épithélium recouvre ces différentes formations. Enfin, comme dans l'appendice, les bactéries intestinales viennent pénétrer le tissus lymphoïde et sont digérées à l'intérieur des macrophages.

En ce qui concerne le mécanisme de la migration des microbes de la cavité du cœcum modifié dans l'intimité du tissu lymphoïde, on constate cependant une différence très nette avec ce qui se passe dans l'appendice.

Masson et Regaud ont montré en effet que les globules blancs des diverses variétés ne jouent aucun rôle dans l'introduction des microbes; ces leucocytes ne se rencontrent dans la lumière de l'appendice qu'avec une extrême rareté. Ici, au contraire, il y a migration abondante des leucocytes à travers l'épithélium de la tête du follicule qui est fragmenté au point de disparaître presque complètement. Il existe à ce niveau un amas de bactéries et de leucocytes mélangés et il semble que la phagocytose s'opère ici sur la paroi de l'intestin.

En résumé, lorsqu'on enlève l'appendice cœcal à un lapin, la portion terminale du cœcum se modifie, s'infiltre de lymphocytes, et régénère un nouvel

appendice qui possède les caractères histologiques et physiologiques essentiels de l'appendice normal.

C'est là une preuve du rôle important que joue cet organe chez le lapin.

PHYSIOLOGIE. — *La rétention lactée.* Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. E. Roux.

Si le lait, qui après sa sécrétion se collecte dans les sinus, les conduits galactophores gros et petits et sans doute aussi dans les acini, n'est pas évacué par la traite ou la succion, on dit qu'il y a *rétention lactée*. La sécrétion se continue, d'abord plus ralentie pour s'arrêter ensuite, le lait non évacué lui faisant obstacle; la pression à l'intérieur de la glande s'élève et elle devient telle qu'un mouvement de résorption, mouvement centripète, est fatal.

La tension intra-glandulaire peut présenter des degrés très différents : conséquemment le phénomène de résorption qu'elle entraîne et qui varie parallèlement avec elle sera à son tour d'intensité variable.

Lors de rétention, les composants solides du lait présentent, à la résorption, une allure toute différente selon qu'ils sont colloïdes, cristalloïdes ou en suspension. Les matières en suspension (matière grasse) et, avec elles, plus que vraisemblablement, les colloïdes, subissent des actions phagocytaires exercées par des mono- et des polynucléaires. Un lait de rétention est, en effet, un lait qui tend à devenir colostrum, ainsi que l'examen microscopique, bien avant l'examen chimique, permet de le constater.

C'est le lactose qui, de tous les cristalloïdes, subit les variations les plus importantes. Il se résorbe facilement, à la moindre rétention, pour passer dans l'urine, d'où lactosurie et, lorsque la rétention s'exagère, le taux de ce sucre dans le lait diminue considérablement, ainsi qu'il résulte d'expériences que j'ai faites sur la vache; de 50^g par litre, il s'est abaissé sur un lait de rétention de 2 jours, à 30^g environ.

Le lait de rétention conserve néanmoins son équilibre osmotique, grâce au chlorure de sodium qui vient se substituer au lactose défaillant ($3^g,60$ au lieu de $2^g,40$ avant l'expérience).

La résorption facile du lactose, lors de rétention, nous donne l'explication simple et rationnelle des modifications observées sur le lait dans de nombreuses circonstances normales et pathologiques. Ces modifications, évidemment, portent surtout sur le lactose et aussi sur les matières salines

qui ont avec ce sucre des relations étroites au point de vue de la conservation de l'isotonicité du lait; celles qui atteignent la caséine et la matière grasse sont moins marquées et moins régulières, aussi leur signification est-elle loin d'avoir l'importance de celle qui résulte de l'examen des chiffres du lactose et du chlorure de sodium.

A ne pas entretenir le fonctionnement d'une glande mammaire, c'est-à-dire à ne pas la vider de son contenu ou à la vider incomplètement, irrégulièrement, on ne tend rien moins qu'à provoquer un arrêt de la sécrétion, ce qui entraîne de la rétention lactée, et conséquemment, d'une part, un abaissement du chiffre de l'extrait dégraissé du lait, dû avant tout au lactose, et, d'autre part, une lactosurie concomitante; le lactose de l'urine ne peut qu'avoir été emprunté au lait. Or ce sont là des observations qu'il y a lieu de faire dans une foule de circonstances.

Nous noterons de la rétention lorsque, chez une femme allaitant régulièrement, on vient interrompre brusquement l'excrétion.

La pratique répréhensible qui consiste à donner les deux seins à la même tétée, permettant ainsi à l'enfant de ne prendre que ce qu'il peut pomper sans grand effort, s'accompagne fatalement du phénomène de rétention, puisque du lait reste dans la mamelle qui n'a pas été complètement vidée.

Il y a de la rétention lors des règles, car, à ce moment, la mère donne moins, et moins souvent à téter à l'enfant; il y en a lorsqu'une grossesse se déclare pendant l'allaitement ce qui, bien à tort d'ailleurs, engage trop de mères à diminuer d'abord, à cesser ensuite l'allaitement.

L'inégalité de volume des seins est accompagnée de rétention sur le sein le plus petit, et l'analyse du lait qu'il fournit est très intéressante à cet égard.

L'allaitement mixte, par le repos partiel qu'il donne à la sécrétion mammaire, provoque de la rétention, car les tétées sont espacées.

Lors du sevrage, la rétention est complète, puisqu'on cesse tout nourrissage.

Dans toutes ces circonstances, le lait analysé présentera plus ou moins (d'autant plus que la rétention sera plus marquée, la traite plus incomplète) un chiffre souvent très abaissé de lactose,

Chez les femelles de traite difficile (chatte, chienne, truie), la prise d'un échantillon exige qu'on sépare les petits de la mère : de la rétention s'ensuivra nécessairement. Aussi le taux du lactose du lait de ces animaux présente, chez les divers auteurs, des oscillations qu'on ne constate pas à l'état normal chez la vache et la chèvre, femelles de traite facile.

J'invoquerai également la rétention lactée qui peut donner une genèse

fort simple des modifications notées dans la composition chimique du lait dans de nombreux états pathologiques, tant chez la femme que chez les femelles domestiques.

Au cours des maladies générales aiguës (pneumonie, fièvre typhoïde, etc.) la sécrétion mammaire est loin d'être toujours suspendue; elle n'est souvent que diminuée, mais non éteinte. Généralement, on n'en sépare pas moins la mère de l'enfant. La rétention est donc fatale, et tous les laits examinés à ce moment, montrent un chiffre extrêmement bas de lactose, tandis qu'on note simultanément une élévation du chiffre du chlorure de sodium.

Dans la fièvre aphteuse chez la vache, si la traite n'est pas effectuée en raison de lésions sur les tétines, de la rétention s'ensuivra, et le lait recueilli aura un chiffre très faible de lactose.

Au cours des affections les plus diverses qui frappent la vache laitière, externes ou internes, générales ou locales, pour des raisons souvent sans valeur, on espace ou on diminue les traites, alors qu'il n'y a aucune indication expresse de le faire.

Relier le trouble chimique du lait à l'affection de l'animal, faire de celle-ci la cause immédiate de celui-là, c'est mal raisonner. Maladie interne ou externe, il n'importe ici; le point en question, c'est la rétention lactée. La maladie n'est nullement la cause des modifications observées dans le lait; elle n'y est aucunement liée, étiologiquement, d'une façon directe; ces modifications sont sous la dépendance de la rétention qui n'est qu'un épiphénomène accessoire et souvent engendré volontairement de la maladie.

L'intervention de la rétention lactée pour expliquer certaines variations de la composition du lait, nous permet de réunir dans un même ensemble des faits expérimentaux, des faits d'observation courante essentiellement physiologiques, et des faits pathologiques; le même processus est donc à invoquer dans des circonstances apparemment très dissemblables. Mes anciennes recherches sur la lactosurie viennent ainsi corroborer mes études plus récentes sur la rétention lactée et relier le trouble urinaire qui y fut étudié au trouble lacté signalé dans celles-ci.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Action anticoagulante et hémolysante du nucléinate de soude. Action sur la levure de bière.* Note de M. **Doyon**, présentée par M. Charles Richet.

I. L'antithrombine, qui apparaît dans le plasma sanguin, sous l'influence de la peptone, est une substance phosphorée d'origine nucléaire (Doyon, A. Morel, A. Policard).

L'action anticoagulante de la substance active doit être rapportée au groupement phosphoré spécifique de cette substance. Le sel de soude des différents acides nucléiniques, quelle que soit leur origine, possède la propriété d'empêcher *in vitro* le sang de coaguler et s'oppose à l'action du sérum sur le plasma normal ou oxalaté (Doyon et Sarvonat).

L'addition *in vitro* de nucléinate de soude au sang empêche la glycolyse (Doyon et Sarvonat). J'ai constaté aussi que la glycolyse n'a pas lieu dans le sang rendu incoagulable *in vivo* par l'injection de peptone et recueilli après cette injection (Doyon et Sarvonat).

II. J'ai constaté que le nucléinate de soude peut être employé à l'état de poudre et possède non seulement le pouvoir anticoagulant, mais excerce aussi une action hémolytique très énergique. J'ai pensé qu'il était intéressant de rapprocher, dans un même essai, l'action du nucléinate et l'action de l'oxalate de potasse et de peptone.

Expérience. — On reçoit directement au sortir de la carotide d'un chien une même dose de sang (20^g) dans deux récipients, contenant, l'un $0^g,1$ de nucléinate de soude en poudre; l'autre, $0^g,1$ d'oxalate de potasse pulvérisé. On agite vigoureusement. Les deux échantillons restent complètement liquides. Le sang nucléaté prend, pendant quelques minutes, une coloration qui rappelle la coloration de la framboise, puis la couleur s'assombrit en même temps que le sang subit une hémolyse trés prononcée. L'addition de 10 gouttes d'une solution à 10 pour 100 de chlorure de calcium à 7^{cm^3} de chaque échantillon provoque la prise en masse de ces échantillons en quelques minutes.

J'ai recueilli du sang carotidien chez le chien 5 à 15 minutes après l'injection intra-veineuse de peptone à la dose de $0^g,3$ par kilogramme. L'addition de 10 gouttes de solution de chlorure de calcium à 10 pour 100 à 7^{cm^3} de sang peptoné a provoqué la coagulation dans un délai de 3 à 5 heures.

L'addition de 5 gouttes a provoqué la coagulation dans un délai de 24 à 36 heures. Les échantillons témoins de sang peptoné, non additionnés de chlorure de calcium, étaient toujours liquides à ce moment.

III. Le nucléinate de soude s'oppose au dédoublement du sucre en alcool et en acide carbonique par la levure de bière. J'ai utilisé une solution de glucose à 3 pour 1000, additionnée d'une petite quantité de levure bien lavée. Certains échantillons étaient additionnés de nucléinate de soude dans la proportion de 2 à 3 pour 1000. Tous les échantillons étaient placés à l'étuve à 35°. Tous les tubes témoins présentaient rapidement un dégagement gazeux notable. Je n'ai jamais constaté de dégagement gazeux dans les tubes contenant du nucléinate pendant les premières 15 à 24 heures; passé ce délai, le dégagement peut se produire, mais il coïncide toujours avec l'apparition de nombreux microbes et la putréfaction.

L'acide nucléinique provenait de l'intestin du cheval et avait été préparé dans mon laboratoire, suivant le procédé de Neuman, par M. Vial, qui m'a aidé dans mes expériences.

MICROBIOLOGIE. — *Action des microbes des eaux d'égouts épurées par le procédé des « boues activées » sur les matières albuminoïdes, l'urée et les nitrates.* Note de MM. **Paul Courmont** et **A. Rochaix**.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré que l'effluent provenant des appareils de purification des eaux d'égouts par le procédé des *boues activées* renferme une flore très réduite. Les espèces que nous avons pu isoler de l'un de ces effluents étaient réduites au nombre de 7.

Nous avons étudié l'action de ces espèces microbiennes sur les matières albuminoïdes et les matières azotées pouvant leur faire suite : urée et nitrates.

I. *Action sur les matières albuminoïdes.* — Nos recherches ont porté sur la production de l'indol, l'action sur le sérum coagulé, la gélatine, l'albumine de l'œuf, la caséine du lait.

A. *Technique.* — La recherche de l'indol a été faite par les procédés classiques de Salkowsky et d'Ehrlich.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 75.

L'action sur le sérum coagulé, la gélatine, également par les procédés couramment employés en bactériologie. L'observation a été prolongée pendant deux mois.

L'action sur l'albumine de l'œuf a été étudiée par l'ensemencement des bactéries sur des cubes de blanc d'œuf cuit immergés dans l'eau physiologique et maintenus à la température de + 37° pendant deux mois.

Quant au lait, nous avons recherché : 1° s'il était coagulé sous l'influence de ces microbes, soit par acidification du milieu, soit par sécrétion de présure ; 2° si les microbes peptonifiaient la caséine sans coagulation préalable ou après coagulation.

Dans les cas de coagulation, le liquide filtré et neutralisé était ajouté à son volume de lait frais, additionné de quelques millièmes de chlorure de calcium. En cas de présence de *présure*, le mélange maintenu à + 37° se coagulait très rapidement.

Si les microbes ne sécrètent que de la présure, ils bornent leur action à la coagulation du lait. S'ils produisent en même temps de la *caséase* (trypsine), on voit le caillot disparaître peu à peu, pour donner naissance à un liquide jaunâtre, un peu visqueux et opalescent. Si, enfin, les microbes sécrètent seulement de la caséase, le lait, sans se coaguler, se transforme peu à peu en un liquide transparent et jaunâtre.

B. *Résultats.* — Ils sont consignés dans le Tableau suivant :

	Microbe						
	n° 1.	n° 2.	n° 3.	n° 4.	n° 5.	n° 6 (*subtilis*).	n° 7.
Réaction de l'indol..	+	—	+	+	+	+	—
Action sur le sérum coagulé..........	—	—	—	—	—	Liquéfaction presque complète en 8 jours.	—
Action sur la gélatine.	Liquéfaction très lente, ne commence qu'au bout de 3 semaines.	—	—	—	—	Liquéfaction rapide.	—
Action sur le blanc d'œuf cuit........	—	—	—	—	—	+ [1]	—
Action sur le lait....	—	—	—	—	—	Sécrète de la présure, mais pas de caséase.	—

C. *Conclusions.* — En somme, les propriétés protéolytiques de la plupart de ces microbes sont nulles ou très réduites. Ils ont, sauf deux, une action

(1) L'attaque des cubes de blanc d'œuf se produit au bout d'une huitaine de jours après l'ensemencement. Les cubes sont complètement digérés en 36 jours.

sur les peptones (indol), mais non sur les autres matières albuminoïdes étudiées.

Seul, le *Bacillus subtilis* attaque énergiquement les matières albuminoïdes diverses et pousse la dégradation assez loin. Dans les tubes où s'est opérée la digestion des cubes d'albumine d'œuf, la réaction du biuret a été positive, indiquant la présence d'albumoses et de peptones; et nous avons pu mettre en évidence, dans le culot de centrifugation, des sphéro-cristaux de leucine et des cristaux de tyrosine.

Ce microbe sécrète, en outre, de la présure, mais pas de caséase. C'est donc un ferment protéolytique énergique.

II. *Action sur l'urée.* — La série des microbes a été ensemencée en eau peptonée renfermant 2^g d'urée et 1^g de peptone pour 100^{cm^3} d'eau. Une petite quantité d'urée étant décomposée pendant la stérilisation, nous nous sommes servis de tubes de ce milieu, stérilisés en même temps et dans les mêmes conditions. Par dosage calorimétrique de l'ammoniaque, les tubes de milieu stérilisés servant de témoins, on pouvait ainsi apprécier rapidement la transformation plus ou moins active de l'urée en carbonate d'ammoniaque sous l'influence des bactéries.

Les microbes n°s 1, 2 et 3 sont des agents de la fermentation de l'urée; le *Bacillus subtilis* ne possède qu'une action légère sur cette substance; les trois autres sont absolument sans action.

III. *Action sur les nitrates.* — Il était intéressant, également, de rechercher si ces microbes pouvaient posséder une action dénitrifiante.

On sait, depuis Grimbert [1], que les ferments dénitrifiants peuvent être qualifiés de *vrais* quand ils dégagent l'azote des nitrates en solution peptonée et de *dénitrifiants indirects* quand ils ne produisent ce résultat qu'en présence des principes amidés du bouillon. Nous avons recherché l'action dénitrifiante de nos microbes dans ces deux milieux additionnés de 1^g pour 100 de nitrate de potasse pur.

Pour la recherche des nitrites, nous nous sommes servis de réactif de Griess. La réaction a été recherchée au bout de 24 à 48 heures.

---

(1) L. Grimbert, *Comptes rendus*, t. 167, 1918.

	Bouillon nitraté.	Eau peptonée nitratée.
Microbe n° 1...	o	o
Microbe n° 2...	Nitrate décomposé avec dégagement d'azote et formation de nitrites.	Nitrate décomposé avec dégagement d'azote et formation de nitrites.
Microbe n° 3...	Id.	Réaction moins énergique qu'en bouillon nitraté.
Microbe n° 4...	Id.	Id.
Microbe n° 5...	Dégagement d'azote et formation de nitrites.	Formation de nitrites sans dégagement de gaz.
Microbe n° 6 (*B. subtilis*)....	Réaction de Griess positive, mais limitée à la partie supérieure de la culture, au contact du voile microbien. Lorsque le voile est dissocié, la réaction devient très positive avec dégagement gazeux abondant.	Mêmes phénomènes qu'en bouillon nitraté, mais moins rapides et moins intenses.
Microbe n° 7...	o	o

En somme, 5 microbes sur 7 de la flore de l'eau épurée se comportent comme des *ferments dénitrifiants directs*, dont quelques-uns paraissent très actifs.

BACTÉRIOLOGIE. — *Le pouvoir stérilisant des acides*. Note de M. E. AUBEL, présentée par M. Charles Richet.

On admet, en général, une relation directe entre le pouvoir nocif des acides sur les bactéries et le degré de dissociation électrolytique, c'est-à-dire, finalement, la concentration des solutions en ions H. Si la nature des acides joue un rôle, les acides les plus dissociés sont les plus actifs. Ceci découle des travaux de Paul et Krœnigs [1], Michaelis et Marcora [2], Brünn [3], Wyeth [4], etc.

Cependant, les résultats de Lingelsheim [5], pour qui les solutions

(1) PAUL et KRŒNIGS, *Die chemischen Grundlagen der Lehre von der Giftwirkung und Desinfection* (*Zeitschr. für Hyg.*, t. 25, 1897).

(2) MICHAELIS et MARCORA, *Die Sauerproduktivität des Bact. coli* (*Bioch. Zeitschr.*, t. 14, n° 2, 1912).

(3) BRÜNN, *Desinfektionsvermögen der Säuren* (*Dissertation*, Berlin, 1913).

(4) WYETH, *The effects of acids on the growth of Bact. coli* (*Bioch. Journal*, t. 12, 1918, p. 382).

(5) LINGELSHEIM, *Zeitschr. für Hyg.*, t. 8, p. 203. — Il est vrai qu'en solutions très étendues, les acides expérimentés peuvent être considérés comme totalement dissociés.

équimoléculaires d'acide ont même pouvoir antiseptique, ceux de Paul, Birstein et Reuss (1), qui, comme Reichel (2), disent que l'effet désinfectant de l'acide acétique est plus grand que celui de l'acide chlorhydrique, pour des solutions iso-hydriques; ceux de Kiesel (3), qui, sur l'*Aspergillus niger*, il est vrai, voit que les acides s'opposant le plus énergiquement au développement de la moisissure sont les acides gras, ceux de Ch. Richet fils et Gigou (4), qui constatent que l'acide citrique est plus actif que l'acide chlorhydrique sur les bacilles du groupe typhique; enfin les tableaux dressés par Miquel (5) ne plaident guère en faveur d'une action exclusive ou même prédominante des cathions.

Il est bon d'ajouter, ce qui augmente la confusion, que l'on s'est préoccupé tantôt du pouvoir stérilisant, tantôt du pouvoir bactéricide des acides, et que l'on s'est adressé à des espèces microbiennes diverses, souvent impures, cultivées en milieux de composition chimique inconnue ou mal déterminée.

C'est l'étude du pouvoir stérilisant de divers acides sur le bacille pyocyanique que nous avons eu en vue dans la présente Note.

Le microbe dont nous nous sommes servis a été isolé d'une eau d'égout. Nous l'avons cultivé sur le milieu :

	Pour 1000.
Asparagine	4^{g}
Citrate de soude	2,5
Phosphate de potasse	1
Sulfate de magnésie	1
Eau : quantité suffisante.	

qui vire au rouge neutre. Le développement est facile, abondant, accompagné d'une production d'ammoniaque notable se traduisant par un virage final net à la phénol-phtaléine.

Au liquide, réparti par volumes de 10$^{cm^3}$ dans des tubes à essai, nous

(1) PAUL, BIRSTEIN et REUSS, *Beiträge zur Kenntniss der Giftwirkung von gelösten Stoffen* (*Bioch. Zeitschr.*, t. 29, 1910).

(2) REICHEL, *Ueber das Verhalten von Penicillium gegenüber der Essigsäure, etc.* (*Bioch Zeitschr.*, t. 30, 1911).

(3) KIESEL, *Sur l'action des acides et des sels acides sur le développement de l'*Aspergillus niger (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 193).

(4) CH. RICHET FILS et ANDRÉ GIGOU, *Action des « Condiments antiseptiques » sur le pouvoir infectant des huîtres* (*C. R. Soc. Biol.*, 1919, p. 322).

(5) MIQUEL, *Annuaire de Montsouris*, 1884, et in *Traités de Bactériologie* de Miquel et Combier ou de Macé.

ajoutions des quantités croissantes de l'acide à étudier. Nous ensemencions ensuite avec 5 gouttes d'une culture de 24 heures, et les résultats étaient consignés 24 heures plus tard. Il est inutile de retarder la lecture, le sens des chiffres ne changeant pas avec le temps. En outre, à l'aide de la méthode des indicateurs colorés de Sörensen, nous avions déterminé la concentration en ions H des tubes limites, au départ.

Nos expériences sont résumées dans le Tableau suivant :

	Nature des acides.	Dose stérilisante (en millimolécules pour 10^{cm^3}).	Concentrations en ions H.
1er groupe...	H.COOH	0,105	$10^{-4,3}$
	$CH^3.COOH$	0,106	$10^{-4,7}$
2e groupe...	COOH — COOH	0,121	$10^{-3,7}$
	COOH — $(CHOH)^2$ — COOH	0,125	$10^{-4,2}$
	CH^3 — CHOH — COOH	0,248	pas déterminé
3e groupe...	SO^4H^2	0,135	10^{-3}
4e groupe...	PO^4H^3	0,116	$10^{-4,7}$
	HCl	0,332	$10^{-2,8}$
	NO^3H	0,339	$10^{-2,8}$

Ces résultats ne mettent pas en évidence une influence prépondérante des cathions. Par contre, la nature des acides semble jouer un rôle important. Les acides des deux premiers groupes, acides organiques, produits de dégradation, dont la toxicité est d'autant plus grande que le poids moléculaire est plus faible, sont les plus actifs. Les acides minéraux (sauf l'acide sulfurique (1) qui occupe une place intermédiaire difficile à expliquer autrement que par une action spécifique) agissent simplement suivant leur normalité et sont les mieux supportés par le bacille.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

É. P.

(1) Kitasato (*Zeitschr. für Hyg.*, t. 3, p. 404) a déjà signalé que l'acide sulfurique a un pouvoir antiseptique supérieur à celui de l'acide chlorhydrique.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 AVRIL 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Constitution de la méthyléthylcyclohexanone préparée par éthylation de l'α-méthylcyclohexanone.* Note de MM. **A. Haller** et **R. Cornubert.**

La méthyléthylcyclohexanone, préparée par l'un de nous ([1]) par la méthode à l'amidure de sodium, a été soumise à la même épreuve que son homologue inférieur, la diméthylcyclohexanone ([2]). Il a fallu montrer que, elle aussi, possédait une structure asymétrique et répondait par suite à la formule I et non à la formule II, comme nous l'avions primitivement supposé.

I.	II.	III.
CH^2	CH^2	CH^2
H^2C — CH^2	H^2C — CH^2	H^2C — CH^2
H^2C — $C\langle{}^{C^2H^5}_{CH^3}$	H^5C^2C — $CHCH^3$	$C^6H^5—CH=C$ — $C\langle{}^{CH^3}_{C^2H^5}$
CO	CO	CO

Détermination de la constitution. — La méthode employée a été la même que celle qui a servi pour la diméthylcyclohexanone. On a condensé la cétone avec une molécule d'aldéhyde benzoïque, en présence d'acide chlorhydrique, de façon à obtenir le dérivé benzylidénique III.

45^g de méthyléthylcyclohexanone, traités par 34^g d'aldéhyde, ont fourni

---

([1]) A. Haller, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 182.

([2]) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 700.

un produit qui, après lavage à la soude et à l'eau suivi d'une rectification sous 16^{mm}, a donné les portions suivantes :

60°-120°	7g (1)
120-180	3
180-210	42
210-230	6
230-270	12
<270	4

Étude de la portion 180°-210°. — Cette portion s'est présentée sous la forme d'une huile jaunâtre assez visqueuse. Fractionnée de nouveau, sous 16^{mm}, elle a fourni les portions suivantes :

150°-188°	2g	
188-193	4	(liquide jaune)
193-194	22	»
194-195	7	»
195-200	5	»
<200	2	(résidu noir)

Un essai fait sur la portion principale 193°-194° a montré qu'elle contenait du chlore en petite quantité. Nous avons essayé d'enlever ce chlore en traitant par de la soude caustique à 5 pour 100. Après ce traitement, nous avons obtenu un résidu qui s'est pris en masse. Les portions 194°-195° et 195°-200° se sont également solidifiées d'elles-mêmes par simple transvasement; la portion 188°-193° sans aucune cause extérieure.

L'ensemble de ces quatre portions a été mis à cristalliser dans l'alcool éthylique et a donné :

20g d'un corps fondant à 78°-78°,5 (corr.),
1g,5 du même corps fondant à 76°-77°,
2g,5 » » 75°-77°,

et un résidu pesant 14g.

L'analyse des cristaux de point de fusion 78°-78°,5 a donné des nombres qui correspondent à la benzylidène-méthyléthylcyclohexanone $C^{16}H^{20}O$.

Le résidu liquide, abandonné à lui-même pendant quelques jours, a laissé déposer 5g du même composé cristallisé. La partie liquide (8g), encore chlorée, fut traitée par de la soude méthylique, lavée et soumise à un fractionnement qui a fourni environ 3g d'un liquide jaune, un peu

(1) Dont on a pu extraire 4g de cétone inaltérée.

visqueux, contenant encore du chlore et qui, à l'analyse, a donné les chiffres suivants : C pour 100, 83,40; H pour 100, 8,59 (théorie pour $C^{16}H^{20}O$: C pour 100, 84,21; H pour 100, 8,75).

Il semble donc que nous soyons encore ici en présence d'un isomère liquide, à moins que la petite quantité de chlore présente dans le produit l'empêche de cristalliser.

Le point d'ébullition de ce liquide est de 197°-199° (corr.) sous 20mm, tandis que celui du corps solide est de 200°-202° sous la même pression.

Étude de la portion 120°-180°. — Cette portion, amorcée avec un cristal de benzylidène-méthyléthylcyclohexanone, a donné 1g de ce produit.

Étude de la portion 210°-230°. — De cette portion nous avons pu extraire 4g de produit benzylidénique cristallisé et 2g de résidu visqueux.

Étude de la portion 230°-270°. — Liquide jaune extrêmement visqueux. Traité par l'alcool bouillant, il a laissé un résidu cristallisé pesant 6g. Ces cristaux, traités par une quantité insuffisante d'alcool bouillant, ont donné :

0g,2 de cristaux fondant à 137°-139°,
5g,5 » » 148°-150°.

Analysés, les cristaux de point de fusion 148°-150° ont fourni les chiffres suivants :

	C pour 100.	H pour 100.
Première analyse	81,72	7,87
Deuxième analyse	81,91	7,88
Théorie pour $C^{23}H^{26}O^2$	82,63	7,78

Une petite quantité de chlore a encore pu être décelée dans ce produit. Il est vraisemblable que c'est à la présence de ce chlore que les résultats analytiques ne concordent pas exactement avec la théorie pour la formule $C^{23}H^{26}O^2$. Ces cristaux constitueraient l'homologue de $C^{22}H^{24}O^2$ obtenu avec la diméthylcyclohexanone.

En résumé, comme la diméthylcyclohexanone, étudiée dans notre dernière Note, la méthyléthylcyclohexanone est principalement constituée par une cétone αα disubstituée, puisqu'elle donne, en majeure partie, le produit de condensation normal avec l'aldéhyde benzoïque, ainsi qu'une petite quantité de dérivé $C^{23}H^{26}O^2$, où deux molécules d'aldéhyde interviennent.

Ajoutons qu'il est probable que l'alcoylation des cyclohexanones avec

les iodures $C^nH^{2n+1}I$ et aussi avec l'iodure d'allyle donne toujours, d'abord naissance à des dérivés $\alpha\alpha$, puis l'alcoylation continuant, à dérivés $\alpha\alpha\alpha'$ et finalement à des composés $\alpha\alpha\alpha'\alpha'$.

Dans une Communication prochaine, l'un de nous montrera qu'il en est réellement ainsi des méthylallylcyclohexanones produites en partant des méthylcyclohexanones α, β et γ.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'origine des Orbitoïdés.* Note de M. **H. Douvillé.**

Le groupe des Orbitoïdés comprend les Foraminifères à test poreux qui se développent suivant un mode annulaire (cyclostègue), rappelant celui des Orbitolites; il est vraisemblable que, comme ces derniers, ils vivaient sur les algues.

Les formes cyclostègues dérivent de formes normales spiralées; celles-ci, dans le groupe des poreux, sont nageuses et font partie du necton ou du plancton; les Orbitoïdes correspondraient donc à un changement dans la manière de vivre, et ce changement correspond lui-même à une modification profonde dans la première phase du développement.

Une circonstance particulière permet d'avoir une indication sur les formes spiralées ancestrales : les premiers Orbitoïdes (*O. Tissoti*) qui apparaissent en Tunisie, à la base de l'Aturien, sont associés à des formes spiralées si voisines de grandeur et de forme qu'il faut un examen attentif pour les distinguer, ce sont les *Arnaudiella*. Ceux-ci font partie du groupe des *Siderolites*, dans lequel les loges communiquent par des ouvertures placées sur le bord interne; la lame spirale, d'abord mince, s'épaissit peu à peu extérieurement par l'action du protoplasme filtrant à travers les pores, comme Carpenter l'a figuré dans *Calcarina* et comme je l'ai indiqué moi-même dans *Arnaudiella*. Dans ce dernier genre, le protoplasme ainsi exsudé devient assez abondant pour produire de véritables chambres externes, dans l'épaisseur de la lame spirale; il se développe en même temps des colonnes de test fibreux qui se terminent à la surface par des granulations ou par de véritables épines. Cette disposition, tout à fait spéciale aux *Arnaudiella*, se retrouve dans les Orbitoïdes, caractérisées précisément par le développement des chambres latérales et des piliers intercalés. L'extrême parenté des deux formes ne paraît donc pas douteuse.

J'ai fait remarquer précédemment que les *Arnaudiella* présentent dans leur développement une particularité intéressante : la cellule primordiale se divise par caryocinèse pour donner naissance à deux cellules qui restent

associées; l'organisme devient ainsi en réalité *bicellulaire* et de cette association résulte un type plus vigoureux, de plus grande taille, et ainsi s'explique aussi le développement des chambres dans l'épaisseur de la lame spirale.

Une modification du même ordre va nous conduire aux Orbitoïdes : l'œuf se divisera *une seconde fois* par caryocinèse et donnera ainsi naissance à un embryon *quadricellulaire*, plus gros, plus lourd et qui abandonnant la vie nageuse ira se fixer sur les Algues; il s'enkystera d'abord, puis se développera, comme le feront les Orbitolites dans des conditions analogues.

Nous venons d'assister ainsi à l'apparition d'un genre nouveau *Arnaudiella*, puis d'une famille nouvelle, celle des Orbitoïdés, par une division plus ou moins avancée de l'œuf.

Une modification analogue donne naissance un peu plus tard à une nouvelle forme cyclostègue, les *Omphalocylus*, à test également poreux comme je l'ai indiqué en 1902. Comme les Orbitoïdes il débute par un embryon quadricellulaire, identique à celui de l'*O. Tissoti* et figuré pour la première fois par Silvestri; mais ici les chambres latérales font défaut, de sorte qu'il faut le considérer comme dérivant non plus d'*Arnaudiella*, mais directement de *Siderolites*. Son développement reproduit presque trait pour trait celui des *Orbitolites* (du type complexe), à tel point qu'on les avait généralement confondus avec ce genre : on distingue d'abord des rangées de logettes simples, puis, l'épaisseur augmentant, celles-ci se divisent, et donnent naissance à deux couches superficielles de logettes, disposées comme dans *Orbitolites*. Elles communiquent par des ouvertures traversant le plancher qui les sépare, et l'épaisseur continuant à augmenter on voit se développer une couche de cellules médianes, qui contrastent par leur forme rectangulaire avec les logettes latérales arrondies. Les sections axiales reproduisent ainsi presque exactement celles que Carpenter a figurées pour les *Marginopora* (*Phil. Trans.*, 1895, pl. V, fig. 7, 8). Ici encore cette identité dans le mode de développement montre que les *Omphalocylus* devaient vivre sur les Algues à la manière des Orbitolites et des Orbitoïdes.

En résumé, on voit des formes nouvelles apparaître par une simple modification dans le développement de l'œuf : une division caryocinétique simple transforme *Siderolites* en *Arnaudiella*, une division double transforme *Arnaudiella* en *Orbitoïdes*, *Siderolites* en *Omphalocyclus*, et cette transformation coïncide avec un changement dans la manière de vivre.

Il suffirait que la division caryocinétique se prolongeât un peu plus pour que nous arrivions au type métazoaire.

ÉLECTRICITÉ. — *Théorèmes sur les transmissions d'énergie par courants alternatifs analogues à celui de Siemens sur les transmissions par courant continu; critique de ces théorèmes.* Note de M. **André Blondel.**

Siemens a énoncé, il y a 40 ans environ, sur les transmissions d'énergie par courant continu, un théorème qui a eu un moment de célébrité, et qui a donné à Marcel Deprez l'occasion de l'illustrer en s'en affranchissant par les expériences de Creil. D'après Siemens, la puissance transmise par une ligne de résistance R alimentée par une course de courant continu à la tension U ne peut pas dépasser, au lieu de réception, la valeur $P_{max} = \frac{U^2}{4R}$; et le rendement correspondant n'est que de 50 pour 100.

Je me propose ici d'établir, pour les lignes à courants alternatifs, un théorème analogue à celui de Siemens, et de montrer qu'il ne gêne cependant en rien les transmissions projetées à grande distance.

1. *Expressions générales de la puissance et du rendement.* — Soient r la résistance linéique de la ligne, rapportée au kilomètre; l sa self-induction linéique; g sa conductance linéique; c sa capacité linéique; ω la vitesse de pulsation du courant supposé sinusoïdal; j le symbole imaginaire $\sqrt{-1}$; $\overline{z} = r + j\omega l$ l'impédance vectorielle linéique ([1]); $\overline{w} = g + j\omega c$ l'admittance vectorielle linéique; $\overline{n} = \sqrt{\overline{w}\overline{z}}$ la constante linéique de propagation; $\overline{m} = \sqrt{\overline{z} : \overline{w}}$ l'impédance caractéristique, indépendante de la longueur de la ligne; U_1 la valeur efficace de la tension simple à l'arrivée, qu'on prendra comme origine des phases; $\overline{I}_1$ le courant vectoriel à l'arrivée décalé de l'angle φ_1 sur U_1; $\overline{U}$ et $\overline{I}$ la tension et le courant vectoriels correspondant à la station de départ distant de x kilomètres. En faisant usage des notations vectorielles, $\overline{U}$ et $\overline{I}$ se déduisent des deux équations connues

$$(1)\quad \begin{cases} \overline{U} = \overline{U}_1 \operatorname{ch} \overline{n}x + \overline{m}\,\overline{I}_1 \operatorname{sh} \overline{n}x, \\ \overline{I} = \overline{I}_1 \operatorname{ch} \overline{n}x + \dfrac{\overline{U}_1}{\overline{m}} \operatorname{sh} \overline{n}x. \end{cases}$$

([1]) Les symboles représentant des grandeurs vectorielles seront surmontés d'un trait horizontal. Les mêmes symboles sans trait horizontal représenteront le module de la grandeur vectorielle.

J'ai donné autrefois des diagrammes qui sont la traduction immédiate de ces équations vectorielles [1].

Le diagramme de courant donne le courant réel au départ $I = \mathrm{mod}\,\overline{I}$ comme la somme géométrique des courants

$$I_0 = \mathrm{mod}(\overline{I}_1 \mathrm{ch}\,\overline{n}x) = \alpha I_1 \quad \text{et} \quad J_0 = \mathrm{mod}\left(\frac{U_1}{m}\,\mathrm{sh}\,\overline{n}x\right) = \frac{\beta}{m} U_1$$

correspondant respectivement au régime de court circuit et au régime de marche à vide. Le diagramme de tension représente la tension réelle au départ $U = \mathrm{mod}\,\overline{U}$ comme la somme géométrique des tensions

$$V_0 = \mathrm{mod}(\overline{m}\overline{I}_1 \mathrm{sh}\,\overline{n}x) = m\beta I_1 \quad \text{et} \quad U_0 = \mathrm{mod}(U_1 \mathrm{ch}\,\overline{n}x) = \alpha U_1.$$

Par définition, le coefficient $\frac{1}{\alpha}$ est le coefficient de surtension à vide de la ligne; $\frac{m}{\beta}$ est l'impédance apparente de la ligne à vide; $m\beta$ est l'impédance apparente de la ligne en court circuit. L'impédance caractéristique m est la moyenne géométrique de ces deux impédances :

$$m = \sqrt{m\beta \times \frac{m}{\beta}}.$$

On déduit de ces diagrammes les valeurs algébriques de U et de I suivantes [2], en désignant par Z_1 l'impédance équivalant aux appareils

---

[1] Cf. A. Blondel, *La Lumière électrique*, 2e série, t. 2, n° 21, 1908.

[2] Les grandeurs auxiliaires, coefficients ou angles, se rattachent aux constantes de la ligne par le groupe de relations suivantes :

$$\theta = \mathrm{arc\,tang}\,\frac{\omega l}{r}, \qquad \theta' = \mathrm{arc\,tang}\,\frac{\omega c}{g},$$

$$\lambda = \frac{\theta' + \theta}{2}, \qquad \gamma = \frac{\theta' - \theta}{2},$$

$$\overline{n} = a + jb;$$

$$\alpha = \mathrm{mod}(\mathrm{ch}\,\overline{n}x) = \sqrt{\frac{\mathrm{ch}\,2ax + \cos 2bx}{2}},$$

$$\beta = \mathrm{mod}(\mathrm{sh}\,\overline{n}x) = \sqrt{\frac{\mathrm{ch}\,2ax - \cos 2bx}{2}};$$

$$\sigma = \mathrm{arc\,tang}\,\frac{\sin 2bx}{\mathrm{sh}\,2ax}; \qquad \varepsilon = \mathrm{arc\,tang}(\mathrm{th}\,ax\,\mathrm{tang}\,bx);$$

$$\psi = \sigma - \gamma; \qquad \zeta = \psi - \varphi_1;$$

$$\xi = \sigma + \gamma; \qquad \chi = \xi + \varphi_1.$$

d'utilisation ($U_1 = Z_1 I_1$) :

$$(2)\quad \begin{cases} \left(\dfrac{U}{I_1}\right)^2 = (\alpha Z_1)^2 + (m\beta)^2 + 2Z_1\alpha\beta m \cos\zeta, \\ \left(\dfrac{I}{I_1}\right)^2 = \alpha^2 + \left(\dfrac{Z_1}{m\beta}\right)^2 + 2\alpha\dfrac{Z_1}{m\beta}\cos\zeta. \end{cases}$$

La puissance P_1 disponible à l'arrivée, pour chaque fil de la ligne, est

$$(3)\quad P_1 = U_1 I_1 \cos\varphi_1 = Z_1 I_1^2 \cos\varphi_1 = U^2 \frac{Z_1 \cos\varphi_1}{(\alpha Z_1)^2 + (m\beta)^2 + 2\alpha\beta m Z_1 \cos\zeta}.$$

Le rendement H est égal au rapport de la puissance P_1 reçue à l'arrivée à la puissance P_W au départ :

$$(4)\quad H = \frac{P_1}{P_W} = \frac{\cos\varphi_1}{\alpha^2\cos\varphi_1 + \beta^2\cos(2\gamma+\varphi_1) + \alpha\beta\dfrac{m}{Z_1}\cos\psi + \alpha\beta\dfrac{Z_1}{m}\cos\xi}.$$

2. *Théorèmes sur la puissance maximum.* — *a.* La valeur de Z_1, qui rend maximum la puissance P_1 [équation (4)], s'obtient en annulant la dérivée $\dfrac{dP_1}{dZ_1}$:

$$0 = (\alpha Z_1)^2 + (m\beta)^2 - 2\alpha\beta m Z_1 \cos(\psi - \varphi_1) - Z_1[2\alpha^2 Z_1 + 2\alpha\beta m \cos(\psi - \varphi_1)]$$

ou

$$(5)\quad (\alpha Z_1)^2 = (m\beta)^2, \qquad \text{soit} \quad \alpha Z = \mp m\beta.$$

Le signe + est seul à conserver, puisque ces grandeurs sont essentiellement positives. Cette condition (5), reportée dans (4), donne

$$(6)\quad P_{1\max} = \frac{U^2}{4}\,\frac{2\cos\varphi_1}{\alpha\beta m(1+\cos\zeta)} = \frac{U^2}{4}\,\frac{\cos\varphi_1}{\alpha\beta m\cos^2\dfrac{\zeta}{2}}.$$

Remplaçons α, β et m par leurs valeurs de définition, la puissance $P_{1\max}$ s'écrit également

$$(7)\quad P_{1\max} = \frac{U^2}{4}\,\frac{\cos\varphi_1}{\cos^2\left(\dfrac{\psi-\varphi_1}{2}\right)\sqrt{\dfrac{Z}{W}(\operatorname{ch}^2 2ax - \cos^2 2bx)}}.$$

Le rendement correspondant, déduit de (4), est

$$H = \frac{\cos\varphi_1}{\alpha^2[\cos\psi + \cos\varphi_1] + \beta^2[\cos\xi + \cos(2\gamma+\varphi_1)]}$$

ou en remplaçant aussi α, β et m par leur valeur

$$(8)\quad H = \frac{4\cos\varphi_1}{\left\{\begin{array}{l}\operatorname{ch}^2 2ax[\cos\psi + \cos\varphi_1 + \cos\xi + \cos(2\gamma + \varphi_1)] \\ \qquad + \cos^2 2bx[\cos\psi + \cos\varphi_1 - \cos\xi - \cos(2\gamma + \varphi_1)]\end{array}\right\}}.$$

b. Mais pour accroître la puissance transportée, on dispose de l'angle de décalage φ_1 à l'arrivée qui peut être modifié, par exemple, par l'emploi de moteurs synchrones surexcités. On a, en annulant la dérivée $\frac{dP}{d\varphi_1}$,

$$o = \sin\varphi_1[(\alpha Z_1)^2 + (m\beta)^2 + 2\alpha\beta m Z_1 \cos\zeta] + 2\alpha\beta m Z_1 \cos\varphi_1 \sin\zeta,$$

d'où la condition

$$(9)\quad \sin\varphi_1 = -\frac{2\alpha\beta m Z_1 \sin\psi}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}.$$

On en déduit la puissance maximum $P'_{1\,max}$ et le rendement H':

$$(10)\quad \left\{\begin{array}{l} P'_{1\,max} = \dfrac{Z_1\sqrt{1 - \left[\dfrac{2\alpha\beta m Z_1 \sin\psi}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}\right]^2}}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2 + 2\alpha\beta m Z_1\left\{\cos\psi\sqrt{1 - \left[\dfrac{2\alpha\beta m Z_1 \sin\psi}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}\right]^2} - \dfrac{2\alpha\beta m Z_1}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}\sin^2\psi\right\}}, \\[2em] H' = \dfrac{\sqrt{1 - \left[\dfrac{2\alpha\beta m Z_1 \sin\psi}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}\right]^2}}{[\alpha^2 + \beta^2\cos 2\gamma]\sqrt{1 - \left[\dfrac{2\alpha\beta m Z_1 \sin\psi}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}\right]^2} + \beta^2 \sin 2\gamma \dfrac{2\alpha\beta m Z_1}{(\alpha Z_1)^2 + (\beta m)^2}\sin\psi + \alpha\beta\left[\dfrac{m}{Z_1}\cos\psi + \dfrac{Z_1}{m}\cos\xi\right]}. \end{array}\right.$$

c. Supposons réalisée la condition de l'impédance Z_1 la plus favorable, et cherchons encore, en fonction de l'angle de décalage φ_1 à l'arrivée, le maximum maximorum de $P_{1\,max}$ donné par l'équation (7) en annulant la dérivée $\frac{dP_{1\,max}}{d\varphi_1}$; d'où la condition

$$\sin\varphi_1 + \sin\psi = o \qquad \text{ou} \qquad \varphi_1 = -\psi.$$

Le décalage φ_1 doit donc être égal à l'angle ψ et de signe contraire.

La puissance maximum maximorum est donc :

$$(12)\quad P_{1\,max\,max} = \frac{U^2}{4}\,\frac{1}{\alpha\beta m\cos\psi} = \frac{U^2}{4}\,\frac{1}{\cos\psi\sqrt{\dfrac{Z}{W}(\operatorname{ch}^2 2ax - \cos^2 2bx)}},$$
$$= \frac{U^2}{4m}\,\frac{1}{\cos\psi\sqrt{\operatorname{ch}^2 2ax - \cos^2 2bx}},$$

et le rendement H correspondant :

$$(13)\quad H = \frac{2}{\operatorname{ch}^2 2ax(1 + \cos 2\gamma) + \cos^2 2bx(1 - \cos 2\gamma)}.$$

Dans le diagramme des tensions, on a par définition $OQ = V_0 = m\beta I_1$ et $OM = U_0 = \alpha U_1 = \alpha Z_1 I_1$. La condition de la puissance maximum $\alpha Z_1 = m\beta$ indique que le triangle MOQ est isoscèle.

Pour φ_1 décalé en avance, la droite OQ passe de l'autre côté de OQ_0; la tension au départ U nécessaire pour obtenir même tension à l'arrivée U_1 est inférieure à ce qu'elle est pour φ_1 décalé en retard : la chute de tension en ligne est de même moindre. Par contre, le courant I nécessaire au départ pour obtenir le régime U_1, I_1, φ_1 à l'arrivée est plus considérable pour φ_1 décalé en avance.

Nous arrivons ainsi à l'énoncé des *théorèmes* suivants qui remplacent celui de Siemens dans le cas le plus général des courants alternatifs :

I. Dans toute ligne à courants alternatifs douée de résistance, self-induction, capacité et conductance réparties, il existe théoriquement pour chaque valeur du décalage φ_1 à l'arrivée une valeur de l'impédance Z_1 des circuits d'utilisation pour laquelle la puissance reçue passe par un maximum qui est donné par l'expression (6) en fonction de βm (impédance apparente de la ligne en court circuit), du coefficient α $\left(\frac{1}{\alpha}\right.$ étant le coefficient de surtension à vide$\left.\right)$ et de l'angle auxiliaire ψ.

II. Dans toute ligne à courants alternatifs douée de résistance, self-induction, capacité et de conductance réparties, il existe également une valeur particulière du décalage de l'arrivée φ_1 qui rend maximum la puissance transportée. Cette puissance maximum et le rendement qui lui correspond sont donnés par les équations (10).

III. Enfin, la puissance maximum de I passe par un nouveau maximum pour un décalage à l'arrivée en avance et égal et de signe contraire à l'angle auxiliaire ψ défini par les constantes de la ligne.

3. Ces théorèmes, comme celui de Siemens dont ils sont une généralisation, n'ont qu'un intérêt *spéculatif;* il faut se garder de les appliquer au calcul d'un transport d'énergie, dont la puissance est limitée non pas uniquement par les constantes de celle-ci, mais aussi et surtout par les conditions de sécurité et d'exploitation économique. La sécurité exige qu'on fractionne la puissance totale en plusieurs lignes indépendantes et qu'on puisse couper facilement le courant par interrupteur ou disjoncteur ; dans l'état actuel de l'appareillage électrique, on ne peut guère couper plus de 20000 kilowatts par ligne triphasée à très haute tension. D'autre part, le

rendement doit être acceptable eu égard aux prix de revient et de transport de l'énergie et les variations de voltage doivent être limitées.

Ces remarques m'ont conduit autrefois à déterminer les conditions de rendement les plus favorables (¹) d'une ligne de transport, soit en fonction de l'impédance Z_1, soit du décalage φ_1 à l'arrivée, soit enfin en fonction de ces deux variables ensemble. J'ai démontré que le meilleur rendement était obtenu pour $Z_1 = Z$, et pour un décalage φ_1 tel que le décalage φ au départ soit égal et de signe contraire (en avance) à φ_1, lequel peut et doit être réduit par des moteurs synchrones. C'est là la véritable condition déterminante des transports d'énergie au point de vue des constantes et de la tension.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité de la Commémoration** invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration du monument élevé en l'honneur d'**Édouard van Beneden**, qui aura lieu le 24 mai à l'Institut de Zoologie de Liége.

(Renvoi à la Section de Zoologie.)

Arithmétique. — *Sur quelques propriétés des nombres transcendants.* Note de M. **Edmond Maillet**, présentée par M. Jordan.

I. Un nombre transcendant de Liouville, réel ou imaginaire, peut toujours être défini (²) comme la limite de la suite Σ de fractions rationnelles distinctes (c'est-à-dire inégales deux à deux), à dénominateurs réels positifs croissants

$$(1) \qquad J_1 = \frac{P_1}{Q_1}, \quad \ldots, \quad J_n = \frac{P_n}{Q_n}, \quad \ldots$$

satisfaisant aux conditions suivantes : soit

$$(2) \qquad |J - J_n| = Q_n^{-\lambda_n};$$

(¹) Cf. A. Blondel, *loc. cit.*

(²) Voir mon *Introduction à la théorie des nombres transcendants et des propriétés arithmétiques des fonctions*, Paris, Gauthier-Villars, 1906, p. 25. J_n est dit irréductible quand p_n, p'_n, Q_n n'ont pas de facteur commun.

on a, par hypothèse, $P_n = p_n + ip'_n$, où p_n, p'_n, Q_n sont des entiers, $Q_{n+1} > Q_n > 1$, et $\lim Q_n = \infty$ pour $n = \infty$; enfin λ_n est $\geqq 3$; J est un nombre de Liouville à la condition nécessaire et suffisante que l'on ait $\lim \lambda_n = \infty$ pour $n = \infty$.

On vérifie que, quand J est réel, J_n l'est, et que $|J_n|$ est alors aussi une réduite du développement en fraction continue de $|J|$.

J_n, où n est un entier variable, sera dite une fraction d'approximation *caractéristique* de J (une réduite caractéristique quand J est réel). Si toute fraction irréductible $J' = \frac{P'}{Q'}$, qui n'est égale à aucune fraction de Σ, satisfait à la condition $|J - J'| > Q'^{-\mu}$, où μ est un nombre fixe, le même pour toutes les fractions J', *nous dirons que la suite* Σ *est complète*, c'est-à-dire qu'elle renferme toutes les fractions d'approximation caractéristiques de J. Une suite complète reste complète quand on y ajoute ou supprime un nombre fini de termes; deux suites complètes pour J ne diffèrent que par un nombre fini de termes, les autres étant deux à deux égaux.

II. Soit J réel; posons (Lx étant le logarithme népérien de x)

$$\lambda_n L Q_n = \mu_n L Q_{n+1}; \tag{3}$$

on a $\mu_n < 1 + \frac{1}{\lambda_n - 2}$; en outre, quand J_n et J_{n+1} sont irréductibles et, de plus, deux réduites consécutives, $1 + \frac{1}{\lambda_n - 1} < \mu_n$.

L'égalité

$$\lambda_n L Q_n = \frac{\mu_n \ldots \mu_{n+r}}{\lambda_{n+1} \ldots \lambda_{n+r}} L Q_{n+r+1}$$

montre assez facilement que, si l'on a

$$\mu_n \geqq \rho > 0 \quad (\rho \text{ fixe et indépendant de } n), \tag{4}$$

la suite Σ est complète. On connaît des exemples étendus de nombres J réels de Liouville tels que $\lim \mu_n = 1$ pour $n = \infty$.

III. La notion de suite complète et la condition (4) ont des applications dans la théorie des groupes de nombres de Liouville (on sait que chacun de ces groupes donne naissance à une arithmétique plus ou moins analogue à celle des nombres rationnels). En voici une qu'on peut baser sur un lemme [1]

[1] Je ne l'énonce pas faute de place : il généralise un lemme établi par moi dans le *Journal de l'École Polytechnique*, 1919, p. 152-154, et qui est fondamental en vue de l'étude des points entiers des courbes unicursales.

relatif aux systèmes de fonctions rationnelles à coefficients entiers d'un même nombre rationnel :

Soient le nombre de Liouville réel J défini par la suite Σ, $F(x)$ une fonction rationnelle quelconque irréductible de x à coefficients entiers réels de degré p quelconque, et $J'_n = \frac{P'_n}{Q'_n} = F(J_n)$, où les entiers P'_n, Q'_n sont premiers entre eux, ces fractions formant une suite Σ' pour une même fonction F : si une quelconque des suites Σ, Σ' satisfait aux conditions analogues à (3) et (4), et, par conséquent, est complète, il en est de même de toutes les autres; d'ailleurs, même quand Σ ne satisfait pas aux conditions (4), si $\lambda'_n LQ'_n = \mu'_n LQ'_{n+1}$, $\frac{p\lambda'_n}{\lambda_n}$ et $\frac{p\mu'_n}{\mu_n}$ tendent vers 1 lorsque n croît indéfiniment.

IV. Généralisant des résultats que j'ai obtenus antérieurement, j'ai établi ces théorèmes :

1° Il existe une infinité de nombres transcendants réels de Liouville, parmi ceux qui satisfont à (4), tels que, J étant l'un d'eux, aucune des équations

$$f(x) = x^p + a_1 x^{p-1} + \ldots + a_p = J$$

n'ait pour racine un nombre de Liouville réel ou imaginaire, quels que soient le degré $p > 1$ et les entiers réels ou imaginaires $a_1, \ldots, a_p$ ($a + bi$ est un entier imaginaire, quand a, b sont entiers réels);

2° N étant un nombre réel de Liouville, si l'équation $x^p = N$ a une ou des racines qui sont des nombres de Liouville, celles-ci sont d'une des formes $\pm J$, $\pm iJ$, $(1+i)i^q J'$ (J, J' nombres réels de Liouville, $q = 0, 1, 2$ ou 3), avec les distinctions suivantes; il y a :

a. Quand p est impair, zéro, ou une racine réelle, $\pm J$, avec $N = \pm J^p$;

b. Quand $p = 4h + 2$, zéro, ou deux racines, $\pm J$, avec $N = J^p$, ou $\pm iJ$, avec $N = -J^p$;

c. Quand $p = 4h$, soit zéro, soit quatre racines, $\pm J$ et $\pm iJ$, avec $N = J^p$, ou $(1+i)i^q J'$, avec $N = (-1)^h 2^{2h} J'^p$, ou, si $h = 2k$, les huit précédentes, pourvu que $J^2 = 2J'^2$, en admettant que cette égalité soit possible.

On voit que, en général, les racines $p^{\text{ièmes}}$ d'un nombre de Liouville réel étant des nombres transcendants, il y en a parmi elles qui ne sont pas des nombres de Liouville : il en est toujours ainsi, par exemple, quand p est impair > 1, $p = 4h + 2 > 2$, $p = 4h > 8$; J étant un nombre de Liouville *réel quelconque*, $Je^{\frac{2k\pi i}{p}}$, où l'entier k n'est pas divisible par le nombre *impair* p, est transcendant sans être un nombre de Liouville.

Application. — I étant un nombre réel de Liouville satisfaisant à (4), l'équation $x^p = \mathrm{RI}^p$, où R est un nombre rationnel réel, ne peut avoir pour racine un nombre de Liouville que si $\pm$ R, ou encore, quand $p+4h$, $(-1)^h \mathrm{R}.2^{2h}$ est la puissance $p^{\text{ième}}$ d'un nombre rationnel réel.

Les énoncés de ce n° IV établissent ainsi avec précision l'existence de catégories très vastes de nombres transcendants réels ou imaginaires, *distincts des nombres de Liouville*, et qui en dépendent algébriquement. Une de ces catégories (2°) est plus étendue que celle des nombres de Liouville.

Tous ces résultats seront exposés en détail dans un Mémoire développé.

HYDRAULIQUE. — *Sur le régime permanent dans les chambres d'eau.* Note [1] de M. C. Camichel, transmise par M. A. Blondel.

Je me propose dans la présente Note de continuer l'exposé des recherches que j'ai entreprises sur les chambres d'eau [2].

1. *Formules générales donnant la répartition des vitesses.* — Supposons que la loi de répartition des vitesses le long de l'axe des z soit

$$W = f(z);$$

admettons qu'il y ait un potentiel de vitesses, et que la fonction des vitesses soit un polynome entier en x, dont les coefficients sont des fonctions de z; on démontre que les composantes u et w de la vitesse suivant l'axe des x et suivant l'axe des z sont données par les formules

$$(1)\quad u = \frac{(-1)}{2}\frac{df}{dz}x + \frac{(-1)^2}{2^2.4}\frac{d^3f}{dz^3}x^3 + \ldots + \frac{(-1)^k}{2^2.4^2\ldots(2k-2)^2.2k}\frac{d^{2k-1}f}{dz^{2k-1}}x^{2k-1} + \ldots,$$

$$(2)\quad w = f + \frac{(-1)}{2^2}\frac{d^2f}{dz^2}x^2 + \ldots + \frac{(-1)^k}{2^2.4^2\ldots(2k)^2}\frac{d^{2k}f}{dz^{2k}}x^{2k} + \ldots,$$

développements en général assez rapidement convergents.

Il suffira donc, pour connaître la répartition des vitesses dans la masse liquide, d'avoir déterminé avec soin la répartition des vitesses suivant la verticale.

L'expérience vérifie bien les formules (1) et (2).

Comme application des formules précédentes, considérons, dans une

---

(1) Séance du 12 avril 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 881.

chambre d'eau munie d'un orifice en mince paroi, des points situés au voisinage de l'axe de symétrie, à une distance de l'orifice plus grande que le diamètre de celui-ci ; supposons que, dans la région correspondante, les filets soient sensiblement rectilignes et forment les génératrices d'un tube de vecteurs, assimilable à un cône d'angle très petit.

La loi de répartition des vitesses suivant l'axe des z, en vertu de la conservation du flux, est de la forme

$$W = az^{-2},$$

l'origine étant choisie au sommet du cône.

Les formules (1) et (2) donnent alors

$$\frac{w}{u} = \frac{z}{x}.$$

Les trajectoires sont donc toutes rectilignes et passent par l'origine, les surfaces équipotentielles sont des sphères concentriques, le phénomène est entièrement symétrique par rapport à l'origine.

L'expérience vérifie très sensiblement ce résultat. Dans ce cas, la fonction des vitesses est analogue au potentiel d'un centre O attirant suivant la loi de Newton ; le point O est *une source négative*.

L'évaluation du flux à travers une sphère ayant son centre à l'origine, et dont le rayon dépasse le diamètre de l'orifice, fournit alors le moyen de contrôler la méthode employée, par comparaison avec des jaugeages. L'accord entre le calcul et l'expérience a été très satisfaisant.

2. *Remarque sur le régime hydraulique dans les masses d'eau en mouvement.* — Quand on examine les courbes représentant la répartition des vitesses le long des filets liquides dans une chambre d'eau, on est frappé de leur régularité et de la concordance entre des expériences distinctes correspondant à des conditions identiques. Le phénomène est tout à fait différent de celui qui se produit dans le régime hydraulique tel qu'on le définit ordinairement.

Les observations que j'ai faites ont montré qu'il était nécessaire de distinguer *deux sortes de régimes hydrauliques :* le premier se produit dans tous les dispositifs où l'eau est guidée étroitement et rencontre des obstacles susceptibles d'intervertir les filets liquides : *ce régime est caractérisé par des variations continuelles de la vitesse ;* le deuxième se produit dans les chambres d'eau et dans tous les dispositifs où l'eau a un grand degré de liberté : *il*

peut être caractérisé par ce fait que la grandeur et la direction de la vitesse en chaque point sont constantes; on peut l'appeler régime *hydraulique non turbulent.* Je n'ai pu déceler aucune discontinuité dans le passage du régime de Poiseuille au deuxième régime hydraulique. *Les pertes d'énergie y sont beaucoup réduites.*

On peut, je crois, trouver dans cette dernière remarque l'explication de divers perfectionnements qui ont été apportés récemment dans la construction des turbines et en particulier celui qui est relatif à l'éloignement du distributeur et de la roue mobile.

Dans le même ordre d'idées, il est nécessaire de signaler l'observation très intéressante de M. D. Eydoux concernant la transparence et la régularité du jet de l'injecteur d'une roue Pelton (1) et mes expériences sur les grandes vitesses (2) de l'eau.

Les recherches qui viennent d'être résumées seront décrites dans un article qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

PHYSIQUE. — *Sur la variation avec la pression de la longueur d'onde des raies des bandes du cyanogène.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. H. Deslandres.

En vue de chercher à déterminer, pour la vérification de la théorie d'Einstein, la différence entre les longueurs d'onde des raies des bandes du cyanogène émises par le Soleil et par les sources terrestres, j'ai pensé utile d'étudier auparavant par les procédés interférentiels mêmes que je compte employer pour la recherche principale, l'effet d'une variation dans les conditions de l'émission de ces raies, et en particulier de voir si ces raies sont bien réellement insensibles à la pression, comme on les a considérées jusqu'ici.

La source employée est l'arc électrique entre charbons, soit à la pression atmosphérique, soit à la pression de 2^{cm} ou 3^{cm} de mercure. S'il est vrai qu'en opérant ainsi le maximum de variation que l'on peut obtenir est seulement de 1^{atm}, et que par suite l'effet doive être plus faible que si l'on augmentait la pression de plusieurs atmosphères, la finesse des raies est accrue au lieu d'être diminuée, de sorte que la mesure du diamètre des anneaux se fait sans difficultés, avec précision.

(1) *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, octobre, décembre 1919.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 525).

La technique opératoire est d'ailleurs simple : les deux sources sont constituées, l'une par un arc à charbon ordinaire, de 10 ampères, l'autre par un arc de 10 ampères également, produit entre deux charbons placés dans un ballon à trois tubulures de 14^{cm} de diamètre, dans lequel on fait le vide. L'arc obtenu est parfaitement stable, l'usure des charbons est quasi nulle, et les parois du ballon sont à peine ternies après une demi-heure de fonctionnement.

L'appareil spectroscopique employé se compose d'une lame plane et parallèle argentée de $2^{mm},5$ d'épaisseur, dont un objectif projette les anneaux interférentiels sur la fente d'un spectroscope; ce spectroscope, à retour de rayons, comprend un réseau plan de Rowland, un miroir concave de $3^{m},50$ de distance focale. Le troisième spectre donne dans la région de la bande 4197Å. une dispersion de 1,9Å. par millimètre.

Les temps de pose ont varié entre 10 et 20 minutes; comme il peut arriver que, malgré les écrans destinés à ne laisser passer que la lumière de l'arc lui-même, et par suite d'échauffements inégaux, l'étalon ne conserve pas rigoureusement la même épaisseur dans les poses faites avec l'arc ordinaire et avec l'arc dans le vide, je mesure de temps en temps, pendant la pose, le diamètre des anneaux verts de la lumière du mercure, en envoyant celle-ci, au travers de l'étalon dans une lunette micrométrique, par le jeu de deux miroirs que l'on peut intercaler sur le trajet de la lumière. Cette opération est extrêmement rapide (environ 30 secondes).

Soient e l'épaisseur de l'étalon lors d'une pose, λ la longueur d'onde d'une des raies, des bandes étudiées, i le rayon de l'anneau photographié et mesuré sur le cliché, k un entier, on a la relation

$$2e\cos i = k\lambda,$$

d'où, en prenant la différentielle logarithmique,

$$\frac{de}{e} - \operatorname{tang} i\, di = \frac{d\lambda}{\lambda}.$$

Si donc, lors de la deuxième pose, l'étalon a varié de de et la longueur d'onde de $d\lambda$, i aura varié de di.

Dans les mesures faites avec la raie du mercure, où $d\lambda$ est nul, on aura, i_1 étant le rayon de l'anneau vert mesuré,

$$\frac{de}{e} - \operatorname{tang} i_1\, di_1 = 0,$$

d'où

$$\frac{d\lambda}{\lambda} = \operatorname{tang} i_1\, di_1 - \operatorname{tang} i\, di.$$

On élimine ainsi la variation de l'étalon et même l'expression de son épaisseur.

Les mesures faites ont porté sur les bandes 4197 et 3883, sans qu'on ait pu constater une différence entre ces deux bandes.

Il semble ressortir des expériences que la longueur d'onde d'une raie est plus grande dans la lumière de l'arc dans le vide que dans celle de l'arc ordinaire, et comme les régimes des deux arcs employés (courant, potentiel) sont semblables, on peut penser que c'est la variation de la pression qui est intervenue.

La grandeur de la variation relative serait voisine de un millionième et demi.

Voici d'ailleurs les nombres trouvés : dans la première série il n'a pas été fait de correction sur l'épaisseur de l'étalon, mais la pose avec l'arc dans le vide a été encadrée entre deux poses faites avec l'arc ordinaire; chaque nombre est la moyenne des mesures, d'ailleurs concordantes, faites sur un cliché.

Valeurs de $\frac{d\lambda}{\lambda}$.

Première série......	2,1;	2,1;	0,4;	1,0;	3,6.	Moyenne : $1,8.10^{-6}$.
Deuxième série......	1,0;	—0,2;	1,7;	3,3;	1,1.	Moyenne : $1,4.10^{-6}$.

Moyenne générale : $1,6.10^{-6}$.

On voit qu'un seul nombre, d'ailleurs petit, est de signe contraire aux autres.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une méthode d'analyse physico-chimique des chlorobenzènes industriels.* Note de M. **F. Bourion**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [1], j'ai indiqué une méthode très exacte d'analyse des chlorobenzènes industriels, mais très longue, et partant d'une application difficile.

J'ai pensé qu'on pouvait obtenir la composition d'un chlorobenzène brut d'une façon aussi exacte et beaucoup plus rapide, en combinant une distil-

[1] F. Bourion, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 933.

lation avec la détermination du paramètre caractéristique d'une propriété physique mesurable convenablement choisie, de deux fractions dans lesquelles on aura séparé le produit primitif par cette distillation. J'ai appelé cette nouvelle méthode *méthode par enrichissement*.

Imaginons, pour simplifier, qu'un chlorobenzène brut soit formé uniquement de *benzène*, de *monochlorobenzène* et de *paradichlorobenzène* purs; distillons-en un poids connu, de façon à extraire la totalité du benzène et une partie du chlorobenzène, ce qui sera certainement réalisé en arrêtant l'opération à une phase quelconque du palier 130° caractéristique du chlorobenzène pur; on aura ainsi coupé le mélange ternaire primitif en deux parties :

1° La fraction de tête qui contient tout le benzène et une partie du chlorobenzène du mélange primitif;

2° Le résidu qui renferme la totalité du paradichlorobenzène et l'autre partie du chlorobenzène.

Supposons que d'autre part on ait déterminé la densité, par exemple, de mélanges en toutes proportions de benzène et de chlorobenzène de composition fixée; la connaissance de la densité de la fraction de tête donnera la quantité de benzène contenue dans cette fraction pesée au préalable, et par conséquent dans la masse de chlorobenzène brut expérimenté.

On aura de même la teneur en paradichlorobenzène de ce chlorobenzène brut en établissant la densité de mélanges de composition connue de mono et de paradichlorobenzène purs, et en déterminant celle du résidu pesé.

En principe, toute propriété mesurable peut être utilisée dans le même but. J'ai dû renoncer aux mesures d'indices de réfraction ou de susceptibilité magnétique auxquelles j'avais songé parce que les résidus sont souvent très colorés et que le paramagnétisme élevé du fer, toujours présent dans le résidu, aurait rendu impossible toute interprétation des mesures. J'ai donc été conduit à établir la densité de mélanges synthétiques : de benzène et de monochlorobenzène purs, puis de mono et de paradichlorobenzène purs.

Le benzène utilisé a été purifié par distillation et cristallisation fractionnées, et le chlorobenzène par distillation fractionnée. Ils auraient pour densités :

	d_0^4.	$d_{13,5}^4$.
Benzène	»	0,88551
Chlorobenzène	1,12813	1,11346

J'ai constaté que la densité δ du mélange est, aux erreurs d'expériences

près, une propriété additive, c'est-à-dire satisfaisant, par exemple à 13°,5, à la relation

$$\frac{100}{\delta_{13,5}} = \frac{p}{0,88551} + \frac{100-p}{1,11346},$$

où p est le poids de benzène contenu dans 100 du mélange, comme cela résulte du Tableau suivant relatif à $t = 13°,5$.

Benzène pour 100		5,14	9,998	29,07	49,62	75,32	92,78
Densité du mélange à 13°,5.	Observée	1,09885	1,08546	1,03552	0,98713	0,93237	0,89864
	Calculée	1,09892	1,08552	1,03594	0,98734	0,93260	0,89880

Cette propriété a été également vérifiée pour des mélanges de benzène industriel et de chlorobenzène pur, puis de chlorobenzène et de paradichlorobenzène purs à 0° et à 13°,5.

On constate que, pour le premier mélange, l'abaissement de densité du chlorobenzène correspondant à 1 pour 100 de benzène est le même pour des compositions identiques à 0° et à 13°,5, de sorte que l'échelle est valable pour toute température au voisinage de la température ordinaire; des observations analogues sont vraies pour le deuxième mélange.

La méthode, appliquée à des mélanges synthétiques des trois substances, a donné des résultats satisfaisants; on a par exemple :

	Pris.	Observé par enrichissement.	Observé par distillation.
C^6H^6 pour 100	26,04	26,22	25,67
C^6H^5Cl pour 100	65,88	65,93	66,17
$C^6H^4_{1.4}Cl^2$ pour 100	8,08	7,85	8,15

On fait une prise d'environ 400g et l'on distille lentement en utilisant une colonne Vigreux d'une vingtaine de plateaux.

J'ai ensuite appliqué avec succès cette méthode à l'analyse du chlorobenzène pur industriel destiné à la nitration, les polychlorés y étant représentés par le seul paradichlorobenzène et la méthode par distillation donnant des résultats douteux, spécialement pour le benzène à cause de la faible teneur des deux impuretés, qui doit être inférieure à 0,5 pour 100; mais pour avoir des nombres corrects, on doit faire trois fractions pesées, le benzène et le paradichlorobenzène devant être concentrés dans des poids égaux au quart environ de celui de la prise. Voici quelques résultats :

	1.		2.		3.		4.	
	pris.	observé.	pris.	observé.	pris.	observé.	pris.	observé.
C^6H^6 pour 100......	1,00	0,993	0,22	0,25	0,106	0,094	0,102	0,108
C^6H^5Cl pour 100....	97,99	97,957	99,57	99,51	99,784	99,751	99,798	99,816
Polychlorés p. 100...	1,01	1,05	0,21	0,24	0,11	0,155	0,10	0,076

Une étude systématique m'a montré qu'on peut ainsi déterminer $\frac{1}{1000}$ d'impureté à $\pm$ 25 pour 100 de sa valeur.

Appliquée à l'analyse du chlorobenzène brut, cette méthode est loin de donner des résultats aussi satisfaisants. On a par exemple :

	Premier échantillon		Deuxième échantillon	
	par enrichissement.	par distillation.	par enrichissement.	par distillation.
C^6H^6 pour 100......	24,43	24,32	28,15	26,93
C^6H^5Cl pour 100....	66,89	67,53	57,92	61,67
Polychlorés p. 100...	8,68	8,14	13,93	11,41

Pour le benzène, l'écart est inférieur à 5 pour 100, mais il atteint 24 pour 100 pour les polychlorés, avec le deuxième.

En faisant l'examen comparatif des deux méthodes avec plus de 120 échantillons, j'ai constaté que l'écart relatif pour le benzène dépassait à peine 5 pour 100 dans des cas très rares, mais qu'il était fréquemment supérieur à 6 pour 100 et atteignait parfois 25 pour 100 pour les polychlorés; la méthode, suffisante pour le benzène, ne l'est plus pour les polychlorés dont il est d'autant plus nécessaire de connaître la teneur exacte que leur inutilisation entraîne une perte en benzène puis en chlore, double de celle qui sert à former la quantité équivalente de chlorobenzène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Différenciation des radicaux sulfuriques dissimulés et apparents dans les sels complexes.* Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note récente (¹), MM. P. Job et G. Urbain ont montré que l'emploi de la benzidine permettait, dans les sulfates complexes de cobalt, de ne précipiter que les radicaux SO^4 non dissimulés, tandis qu'au contraire la précipitation par les sels solubles de baryum déterminait une

(¹) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 843.

destruction plus ou moins complète des complexes, aboutissant à une libération des radicaux (SO^4) en nombre supérieur à ceux que renfermait la solution avant introduction des réactifs précipitants.

A cette occasion, nous rappellerons, qu'en 1914, nous avons, en collaboration avec M. Huchet (¹), entrepris une étude de l'évolution des solutions de sulfate vert de chrome et, qu'à cet effet, nous avons utilisé comme réactif le chlorhydrate de benzidine; notre travail fera d'ailleurs incessamment l'objet d'une Note détaillée.

Le but que nous visions était de compléter, par voie chimique, les résultats obtenus au cours d'une étude d'ordre physico-chimique de ces solutions. Il importait donc de ne pas troubler, soit par élévation de température, soit par l'intervention d'un réactif brutal, les proportions respectives du complexe et de ses produits de transformation, par conséquent de saisir la solution sur le vif, dans l'état même où elle se trouvait au moment où s'effectuaient les mesures physiques propres à le définir.

Il fallait, en particulier, opérer à très basse température, attendu que les mesures physiques nous avaient démontré qu'au-dessus de 10° à 12° la transformation du complexe était très rapide. Nous avons donc essayé, avec les précautions d'usage en l'espèce, de précipiter sa solution à froid par le chlorure de baryum, en milieu acide, mais nous avons reconnu immédiatement que cette méthode était en défaut pour deux raisons :

La première, c'est que l'addition de réactifs aux solutions du complexe y déterminait bien la formation d'un précipité contenant SO^4 et Ba, mais renfermait également des quantités importantes d'oxyde de chrome et qu'il apparaissait nettement que les radicaux précipités n'étaient pas exclusivement constitués par des ions SO^4 appartenant seulement à des sels normaux simples.

La seconde raison réside dans le fait que l'addition de $BaCl^2$ dans une solution acidulée d'un complexe provoque sa transformation, soit que le réactif soit trop brutal et détermine la rupture partielle des liaisons assurant la dissimulation des radicaux SO^4, soit que la chaleur dégagée aux points de réaction suffise à produire la rapide évolution du complexe. Aussi les poids de SO^4Ba contenu dans les précipités n'étaient-ils pas constants et ne fournissaient-ils aucune donnée sur laquelle on puisse fonder des conclusions. Au reste, cette action des sels solubles de Ba s'exerce déjà sur les solutions récentes et froides de sulfate de chrome violet normal,

(¹) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 601.

desquelles la totalité des ions SO^4 n'est jamais intégralement précipitée à l'état de SO^4Ba.

Au contraire, l'emploi des sels de benzidine, effectué suivant la méthode de Raschig, permet, aussi bien avec les solutions de sulfate violet normal qu'avec celles de sulfate vert de chrome d'âges différents, de différencier d'une manière rigoureuse les radicaux normalement liés de ceux dissimulés.

Des résultats que nous avions utilisés pour les sels complexes de chrome en 1914 et de ceux que viennent de publier MM. P. Job et G. Urbain, il convient donc de conclure que, pour l'étude des sulfates complexes, les sels de baryum constituent de mauvais réactifs et qu'il est bien préférable de leur substituer ceux de benzidine.

Il va sans dire que de l'inactivité des sels de benzidine vis-à-vis des radicaux dissimulés dans les sulfates complexes de chrome ou dans ceux de cobalt amines, on ne saurait inférer l'inactivité de ces sels, utilisés suivant la méthode de Raschig, vis-à-vis de tous les sulfates à radicaux dissimulés, attendu que la solidité de liaison, d'où résulte la stabilité des complexes, doit être très variable suivant la nature des éléments qui interviennent pour les former.

Il s'ensuit donc que, le plus souvent, l'étude des solutions de sulfates complexes à l'aide des sels de benzidine devra être contrôlée par le moyen de mesures d'ordre physico-chimique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sels de la nitrosophénylhydroxylamine (cupferron) sel uraneux.* Note de M. **V. Auger**, présentée par M. Haller.

Le sel d'ammonium de la nitrosophénylhydroxylamine a été proposé par O. Baudisch [1], sous le nom de *cupferron*, pour précipiter le cuivre et le fer en solution acide.

On l'a utilisé, par la suite, pour précipiter le titane, le zirconium, le thorium, le vanadium [2]; en outre, on a constaté qu'il fournit des précipités avec l'argent, le plomb, le mercure, l'étain et le bismuth.

Il ne semble pas cependant qu'on ait fait une étude systématique des sels du cupferron; j'ai entrepris ce travail qui, dès l'abord, m'a montré

(1) O. Baudisch, *Chem. Zeitg*, t. 33, 1909, p. 1298.

(2) V.-G. Rodeja, *Ann. Soc. esp. fis. quim.*, t. 12, 1914, p. 305 et 379.

qu'on est loin de connaître tout le domaine d'application à l'analyse de ce réactif.

En solution neutre, le cupferron précipite tous les sels métalliques, sauf les alcalins, mais les sels formés peuvent être divisés en deux classes : les sels simples, décomposés par les acides dilués, insolubles dans le chloroforme, et les sels complexes, solubles dans le chloroforme, ou autres solvants neutres, et qui résistent plus ou moins à l'action des acides forts. Ces derniers sels semblent seuls pouvoir jouer un rôle intéressant dans les séparations analytiques. Outre ceux qui ont déjà été employés, j'ai préparé ceux de MoO^3, Sn^{IV}, Ce^{IV}, U^{IV}, Co^{III} et Mn^{III}. Parmi eux le sel uraneux me semble particulièrement intéressant : en effet, les sels d'uranyle ne sont pas précipités par le cupferron, comme l'a constaté W.-A. Turner (¹) qui emploie même ce réactif pour séparer l'uranium du vanadium, mais si l'on transforme le sel d'uranyle en sel uraneux par réduction au zinc, en solution chlorhydrique ou sulfurique, le cupferron précipite totalement l'uranium, en solution acide, sous forme de flocons bruns, solubles dans le chloroforme et les solvants neutres, et cristallisant par évaporation du solvant en petits prismes bruns. Calciné à l'air, le sel a fourni 35,0 pour 100 de U^3O^8; calculé pour $(C^6H^5N^2O^2)^4U$ 35,7 pour 100.

On peut donc, avec le même réactif, séparer en les précipitant successivement le vanadium et l'uranium.

J'ai commencé l'étude des complexes du cupferron avec MoO^3, Sn^{IV} et Ce^{IV}, qui semblent susceptibles de fournir de bons procédés de séparation analytiques de ces éléments.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *L'acide iodique réactif microchimique des combinaisons solubles et insolubles du calcium, du strontium et du baryum.* Note de M. G. **Denigès**, présentée par M. Charles Moureu.

L'acide iodique, jusqu'à présent à peu près délaissé en analyse qualitative, mérite au contraire une place de tout premier plan en microchimie. Il résulte, en effet, de l'étude que nous en avons faite, qu'employé en solution à 10 pour 100 environ (²), il donne, presque toujours immédiatement

(¹) W.-A. Turner. *Chem. News*, t. **114**, 1916, p. 261.

(²) Pour empêcher la formation spontanée, plus ou moins rapide, de cristaux d'iodate de calcium par contact immédiat avec les principes calciques du verre, il sera bon de conserver cette solution dans un flacon préalablement paraffiné intérieurement.

et, dans les cas les moins favorables (SO^4Sr, F^2Ca), en quelques minutes, des cristaux extrêmement nets et très caractéristiques, formés d'iodate de calcium, strontium ou baryum, avec des traces même des composés solubles ou insolubles des métaux de la série calcique.

Le fait est surtout remarquable pour les sels de baryum, dont les combinaisons cristallisées d'emblée sont si rares et si malaisées à obtenir. Il nous a même permis, à l'aide d'une très simple technique, de résoudre, en quelques instants, le problème toujours difficile de l'identification des deux éléments ioniques du sulfate de baryum dans quelques parcelles de ce composé, mises sur une boucle ou même sur la pointe d'un fil de platine, et qu'on réduit à l'état de sulfure de baryum en les portant, simplement, au centre de la flamme éclairante d'un brûleur à gaz.

Ajoutons enfin que l'iodate calcique se produit avec une telle facilité que l'acide iodique déplace l'acide oxalique dans l'oxalate et plus rapidement encore l'acide sulfurique dans le sulfate de calcium, en fournissant de beaux octaèdres allongés d'iodate de ce métal.

Pour l'usage du réactif, la meilleure technique nous a paru être la suivante :

Délayer et pulvériser, s'il y a lieu, sur une lame de verre, une parcelle (gros comme un grain de sable et même moins) du produit à essayer dans une gouttelette d'eau apportée au bout d'un agitateur de faible diamètre.

Si le sel est soluble, déposer juste au contact de la zone externe de la préparation ainsi obtenue ([1]), et également avec l'extrémité d'une mince baguette de verre, une très petite gouttelette de réactif iodique; s'il est insoluble, mettre la gouttelette au centre de la préparation. Examiner au microscope, sans couvrir d'abord d'une lamelle, en premier lieu à un faible et ensuite à un plus fort grossissement.

Très rapidement apparaissent les cristaux caractéristiques : on peut dire que cette apparition est instantanée avec les sels solubles et même avec la plupart des sels insolubles, notamment le sulfate et les phosphates de calcium. Elle est plus tardive avec l'oxalate calcique et surtout le fluorure de calcium et le sulfate de strontium.

Ces cristaux sont, constamment, des octaèdres aigus pour les dérivés du calcium; des octaèdres plus courts, très réfringents, avec des prismes rhombiques, pour ceux du strontium; des prismes aiguillés, groupés en faisceaux souvent flexueux, pour ceux du baryum.

([1]) Il va sans dire qu'on opérera ainsi avec un sel soluble quelconque de la série calcique préalablement dissous et qu'on voudra identifier sous cette forme.

Les iodates et periodates de la série calcique qui résistent à l'action de l'acide iodique sont préalablement calcinés sur une boucle de platine et transformés en iodures solubles entrant dans le cas général.

Quant au sulfate de baryum, on en prélève une très petite masse (moins de 1^{mg} suffit) sur l'extrémité humectée d'un fil de platine, et on la porte durant une minute environ dans la région la plus éclairante d'une flamme de brûleur à gaz, brûlant sans mélange d'air. Après refroidissement, le sulfate de baryum qui a pris naissance est identifié en le broyant sur lame de verre dans une gouttelette d'eau et ajoutant le réactif iodique. En remplaçant l'eau par une gouttelette d'une solution à 1 pour 100 de nitroprussiate de sodium, une coloration violette décèlera le soufre du sulfure, et l'addition ultérieure d'acide iodique sur la même préparation permettra de caractériser son métal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlore, de l'acide hypochloreux et du chlorure de cyanogène sur la cyanamide et ses dérivés.* Note de MM. **Ch. Mauguin** et **L.-J. Simon**, présentée par M. Ch. Moureu.

Le chlore, en passant sur la cyanamide solide, fournit un corps jaunâtre qui paraît être un produit très condensé [1] : il est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone, l'acide acétique ou les alcalis; il est infusible et ne se détruit qu'à une température assez élevée.

Le chlore, passant dans une solution aqueuse de cyanamide pure ou de cyanamide calcique, donne un produit fortement lacrymogène. De la solution chauffée se dégage une vapeur légèrement rougeâtre qu'on a pu condenser en un liquide rouge dans un mélange de glace et de sel; *mais après quelques minutes le produit a violemment détoné avec production de lueur et destruction de tout l'appareil.*

Le chlore, agissant sur la cyanamide en solution aqueuse en présence d'oxyde de zinc, a fourni un précipité jaune insoluble dont *un fragment chauffé a détoné.*

Action de l'acide hypochloreux sur la cyanamide. — Une solution titrée d'acide hypochloreux pur, exempt de chlore, renfermant pour 200^{cm^3} un

(1) On sait avec quelle facilité la cyanamide elle-même se polymérise pour donner la cyanoguanidine ou la mélanine de poids moléculaire respectivement double et triple.

dixième de molécule de $Cl(OH)$, est placée dans un vase de verre mince plongé dans de l'eau glacée; pour assurer une meilleure réfrigération, on introduit quelques fragments de glace dans la solution elle-même, puis on ajoute, peu à peu, en agitant, une solution dans 20^{cm^3} d'un dixième de molécule de cyanamide $NCNH^2$. Il se produit un trouble laiteux qui disparaît assez vite. Dans la liqueur abandonnée à 0° pendant deux heures, se déposent des cristaux qu'on sépare vivement au moyen d'une essoreuse et qu'on introduit, sans tarder, dans un matras conservé dans la glacière. Ces cristaux, en effet, ne sont stables qu'à basse température. En revenant à la température ordinaire, ils se décomposent en dégageant une vapeur lacrymogène. Au surplus, l'essai suivant souligne *le danger de leur maniement.*

Vingt-quatre heures après leur préparation, on en introduit quelques grammes dans un tube à essai, fermé par un bouchon de caoutchouc, que traverse un tube à dégagement destiné à faire barboter dans l'eau les produits de la décomposition. Celle-ci se produit d'abord tranquillement, marquée par un dégagement gazeux peu abondant et par l'apparition d'un liquide rougeâtre. Pour compléter la réaction, on a cru pouvoir plonger le tube à essai dans l'eau dont la température a été élevée progressivement jusque vers 40°. A ce moment, le tube d'essai a été brisé par une violente explosion qui a mis fin à l'expérience.

Ces quelques renseignements nous ont paru utiles à faire connaître dans l'intention de mettre en garde les chimistes qui seraient tentés de faire ces essais contre les dangers qu'ils peuvent présenter, de façon à leur éviter les conséquences fâcheuses que l'un de nous (Ch. M.) a éprouvées.

Action du chlorure de cyanogène sur la cyanamide calcique. — Cette action a permis d'observer quelques résultats plus nets; on pouvait en attendre l'isolement du tricyanure d'azote encore inconnu

$$N \equiv C - NAg^2 + 2ClCN = N(CN)^3 + 2AgCl.$$

En réalité, les deux produits ne réagissent pas sous ces proportions, mais équimoléculairement.

A un excès de chlorure de cyanogène liquéfié et maintenu à 0°, on ajoute un poids connu de cyanamide argentique (¹) finement pulvérisée et soigneu-

---

(¹) Cette cyanamide argentique a été obtenue pure, soit à partir de cyanamide pure, soit à partir de cyanamide calcique industrielle par un fractionnement convenable du dérivé argentique brut.

sement desséchée. Si l'on ne veut pas que la réaction prenne un cours violent et dangereux, il faut opérer avec précaution : ajouter le dérivé argentique par petites portions, à intervalles suffisamment espacés, et agiter vivement après chaque addition. Finalement, la couleur jaune de la cyanamide argentique disparaît; à sa place on recueille une poudre blanche, noircie superficiellement par la lumière et dont le poids s'accorde avec la formule de réaction

$$N \equiv C - NAg^2 + ClCN = AgN(CN)^2 + AgCl.$$

Le produit blanc obtenu résiste à l'action de l'acide nitrique froid étendu ou concentré; celui-ci n'enlève pas la plus petite quantité d'argent au produit nouveau. Il faut recourir à l'*acide nitrique bouillant* pour le résoudre en chlorure d'argent et en solution de nitrate d'argent : l'analyse quantitative confirme la formule ci-dessus. Les deux atomes de la cyanamide argentique ont donc suivi deux destinées différentes. La poudre blanche, chauffée dans un tube à essai, foisonne à la façon du sulfocyanure de mercure : le dégagement gazeux et la perte de poids qui correspondent à ce foisonnement sont insignifiants. Si l'on calcine très fortement à l'air, on obtient finalement du chlorure d'argent et de l'argent libre.

Le gaz chlorhydrique en solution éthérée désagrège facilement le dérivé argentique : on recueille d'une part le chlorure d'argent et d'autre part le chlorhydrate de dicyanimide

$$AgN(CN)^2.AgCl + 2HCl = 2AgCl + (NC)^2NH.HCl.$$

Ce chlorhydrate peut être titré alcalimétriquement en présence de phtaléine du phénol comme indicateur

$$(NC)^2NH.HCl + 2KOH = (NC)^2NK + KCl + H^2O.$$

Le chlorhydrate de dicyanimide est décomposé par l'eau et fournit le biuret caractérisé par sa température de décomposition (190°) et par la réaction classique du sulfate de cuivre en présence d'alcali concentré

$$(NC)^2NH + 2H^2O = NH(CONH^2)^2.$$

Si, au lieu d'employer l'acide chlorhydrique en solution éthérée, on utilise sa solution aqueuse étendue, on extrait par évaporation à froid une poudre blanche qui, reprise par l'eau et cristallisée par évaporation, se présente comme un intermédiaire entre la dicyanimide et le biuret : la

cyanurée

$$(NC)^2NH + H^2O = NH\langle{}^{CONH^2}_{CN}.$$

Cette substance, exempte de chlore, dont l'analyse correspond à la formule ci-dessus, a des propriétés acides qui permettent de la titrer avec une grande précision en présence de phtaléine; son poids reste invariable pendant un séjour prolongé dans le vide en présence d'acide sulfurique. Son étude n'a pas été poursuivie.

BOTANIQUE. — *Valeur du métaxylème primaire centripète des végétaux anciens ou primitifs.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. L. Guignard.

1. Conformément aux conceptions de Potonié, Hallier et Lignier, on peut se représenter le corps des premiers végétaux vasculaires comme composé tout entier d'axes simples ou *cauloïdes*, offrant tous la même structure et ramifiés par dichotomie (les dichotomies donnant toujours deux rameaux égaux et le plan des dichotomies successives pouvant prendre toutes les orientations dans l'espace). Ceci est une conception théorique, car, dans la réalité, il y aura dès l'origine quelque partie de la plante, c'est-à-dire quelque système d'axes modifié en harmonie avec tel ou tel besoin physiologique et présentant par conséquent un état d'évolution plus avancé.

2. *Structure primitive des végétaux vasculaires.* — On imagine de même très facilement la structure des axes, constituant la première plante vasculaire : leur système vasculaire est central et se réduit à *un faisceau primitif*, c'est-à-dire à un faisceau ne possédant qu'un petit nombre d'éléments trachéens (1 à 3), entourés de parenchyme à parois minces (destiné à se différencier plus tard en tissu libérien). Si le système vasculaire est un peu plus volumineux, le faisceau primitif pourra prendre l'aspect *mésarque*, c'est-à-dire que les premières trachées seront entourées d'éléments ligneux un peu plus gros. Enfin, dans certains cas, des fibres primitives à parois minces pourront subsister et se recloisonner au centre du faisceau pour compenser la dislocation des premières trachées, dues à l'élongation du corps de la plante. Le faisceau primitif prendra alors en section transversale l'aspect *annulaire*, le liber demeurant toujours concentrique au bois.

La structure primitive a persisté dans les fines ramifications et peut-être

dans les parties jeunes de beaucoup de plantes. Exemple : fines ramifications des *Stauropteris*, feuilles de la plupart des Lépidophytes, première feuille d'*Asplenium Klotschi*, de *Pteris cretica* (d'après G. Chauveaud), etc.

3. *Valeur du métaxylème primaire centripète composé de grosses trachéides.* — Il est manifeste que le système vasculaire de beaucoup de végétaux paléozoïques et de beaucoup de Cryptogames vasculaires n'est qu'une combinaison de faisceaux primitifs, unis les uns aux autres par les grosses trachéides scalariformes ou réticulées. Les grosses trachéides représentent donc simplement un *tissu ligneux de conjonction* destiné à réunir les faisceaux primitifs ou *cordons de protoxylème* (pôles trachéens). On aperçoit immédiatement tout le bénéfice que ce nouveau dispositif confère à la plante : augmentation du diamètre de l'organe, qui n'est plus un axe simple, mais un *cladode* (1) ; augmentation considérable de la capacité du système conducteur ; rigidité plus grande, etc.

L'origine de nombreux cordons de protoxylème, que renferme une tige, un pétiole ou une racine, n'est pas douteuse : ces cordons proviennent des dichotomies répétées d'un faisceau primitif unique, mais ces divisions n'entraînent pas celle de l'organe. Les différents cordons vasculaires restent à proximité les uns des autres et les cellules procambiales, intercalées entre eux, se différencient plus tard en éléments ligneux plus gros ; il y a élargissement du point de végétation et accroissement simultané de la masse vasculaire.

4. *Origine des différentes parties du corps des plantes vasculaires.* — L'anatomie comparée confirme que les différentes parties du corps de la plante doivent leur origine :

En premier lieu, soit à de véritables phénomènes de coalescence (coalescence progressive, se produisant de bas en haut entre les organes résultant de la subdivision) (2), soit à des phénomènes de division incomplète (la division n'intéressant que le système vasculaire et non l'organe tout entier) ;

En second lieu, à des phénomènes de « sympodisation » pour les tiges, de « dorsiventralisation » (aplatissement) et d' « appendicularisation » pour

(1) Ch.-Eug. Bertrand a établi, il y a près de 40 ans, de la manière la plus nette, que les différentes parties du corps des Tmésiptéridées sont en réalité des *cladodes*, fermés par la coalescence d'axes de valeur très variable.

(2) C'est Potonié qui a signalé le premier toute l'importance des phénomènes de coalescence pour l'édification du corps de la plante (H. Potonié, *Ein Blick in die Geschichte der botanischen Morphologie und die Pericaulom-Theorie*, Iena, 1903).

les feuilles. Ces phénomènes, mis en évidence par Potonié, Hallier, Tansley et Lignier, ont été très bien exposés par ce dernier auteur [1]; nous n'avons donc pas à y insister. Les phénomènes de condensation sont accompagnés de réductions plus ou moins importantes.

5. Les conclusions, énoncées dans cette Note, peuvent être vérifiées immédiatement chez les types suivants : *Psilotum* et *Tmesipteris*, *Lycopodium* et *Phylloglossum*, *Sélaginella*, *Isoetes* et *Lepidodendron*, *Cheirostrobus* et *Sphenophyllum*, *Clepsydropsis* et *Dineuron*, *Stauropteris* et *Asteropteris*, *Cladoxylon* (*Arctopodium*) *radiatum* Unger, qui tous sont des végétaux vasculaires très primitifs.

6. Les racines des Lycopodes, de toutes les Ptéridophytes, etc. (en particulier les racines bipolaires), ont une structure conforme aux notions énoncées ci-dessus. Les radicelles des *Stigmaria*, les porte-racines des Sélaginelles, ont la valeur d'appendices, pourvus d'un faisceau primitif augmenté de métaxylème primaire centripète; ils représentent certainement un état primitif de la racine.

BOTANIQUE. — *Sur l'évolution du chondriome pendant la formation des grains de pollen de* Lilium candidum. Note [2] de M. GUILLIERMOND, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'étude du chondriome pendant la formation des grains de pollen n'a donné lieu qu'à de courtes observations de Nicolosi, Roncati, Lewitsky, Woycicki.

Nos observations reposent exclusivement sur des préparations traitées par la méthode de Regaud.

Les cellules primordiales des grains de pollen montrent une structure analogue à celle des cellules jeunes du nucelle : gros noyau, cytoplasme dense, parsemé de vacuoles et chondriome constitué par des mitochondries granuleuses, des bâtonnets et quelques chondriocontes peu allongés. Tous ces éléments du chondriome présentent les mêmes dimensions et la même chromaticité et il est impossible de distinguer parmi eux ceux qui représentent les plastides (*fig.* 1).

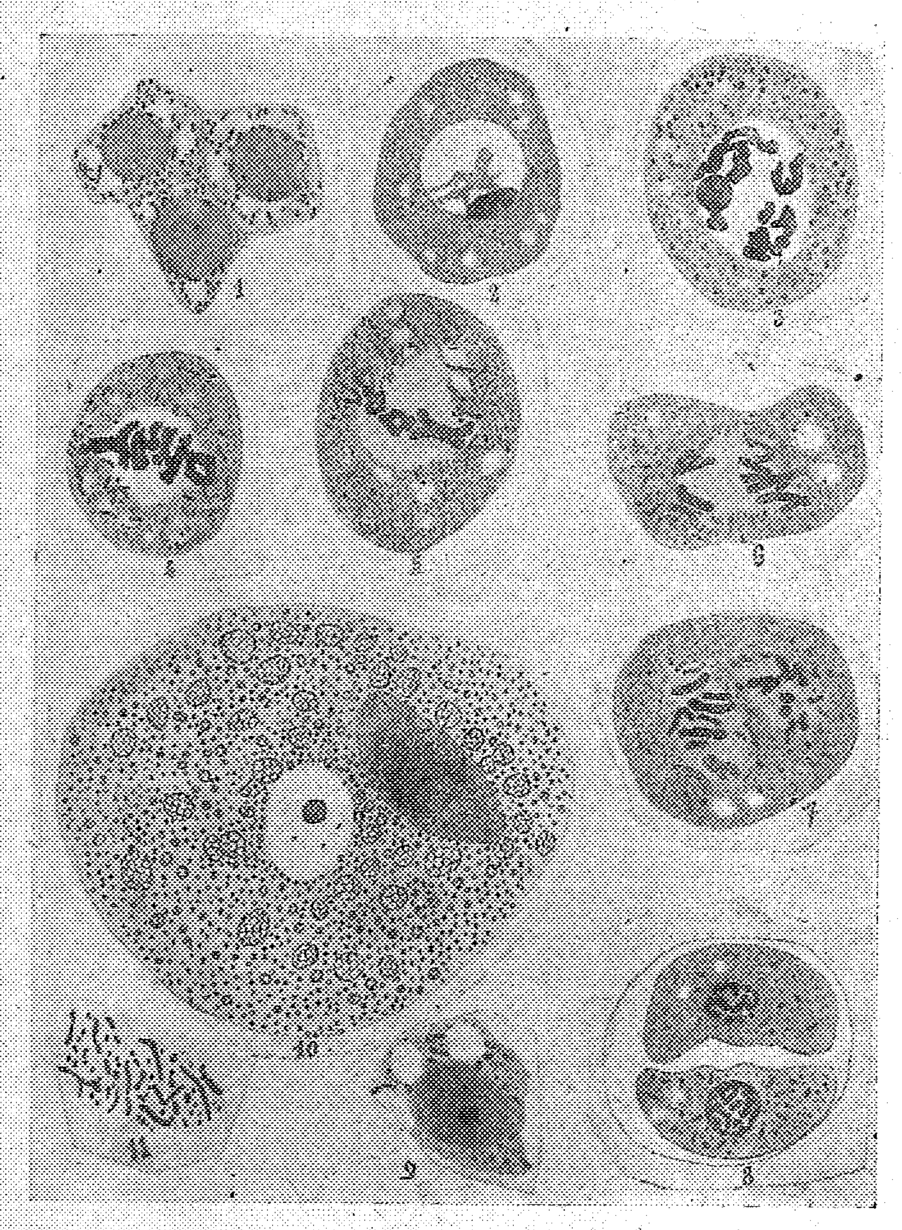
Dans la cellule mère définitive des grains de pollen, dès le stade synapsis, le cyto-

---

[1] O. LIGNIER, *Essai sur l'évolution morphologique du règne végétal* (*A. F. A. S.*, Clermont-Ferrand, 1908, p. 534); *Titres et travaux scientifiques*, Laval, 1914, p. 104.

[2] Séance du 19 avril 1920.

plasme offre un aspect très dense et ne montre que de très petites vacuoles; le chondriome prend une forme exclusivement granuleuse et devient d'une richesse extrême.



Évolution du chondriome pendant la formation des grains de pollen de *Lilium candidum*.

A ce moment, une observation attentive à l'aide d'un fort grossissement permet de distinguer, parmi de nombreuses mitochondries granuleuses, deux catégories dis-

tinctes d'éléments (*fig.* 2). Les unes, extrêmement nombreuses, apparaissent comme de très petites granulations; les autres, moins nombreuses, sont légèrement plus grosses. La suite du développement montre que ces dernières mitochondries représentent des plastides.

Au cours de la prophase de la première mitose, les petites mitochondries conservent leurs dimensions primitives, mais perdent un peu de leur chromaticité; au contraire, les plastides augmentent de dimensions, tout en conservant leur forte chromaticité. Ils se distinguent alors nettement des autres éléments du chondriome (*fig.* 3).

Pendant la métaphase, les plastides prennent les formes les plus diverses: courts bâtonnets, chondriocontes allongés, grains, haltères, bâtonnets en forme de massues (*fig.* 4 à 7). Toutes ces formes peuvent être représentées dans une même cellule; cependant la forme filamenteuse domine. L'étude de ces plastides à un très fort grossissement montre que ces éléments subissent d'abord une croissance dans une même direction qui les transforme en chondriocontes, puisqu'à cette croissance succède une phase de segmentation pendant laquelle les chondriocontes se résolvent en grains ou en courts bâtonnets (*fig.* 11). Il y a donc à ce moment croissance des plastides, suivie de division. Pendant ce temps, les autres mitochondries conservent toujours leur petite taille et leur faible chromaticité: il semble qu'elles aussi puissent s'allonger en filaments et se segmenter. Ces phénomènes se poursuivent pendant les deux divisions des cellules mères.

Après la délimitation des grains de pollen, la division des plastides se ralentit et l'on distingue alors très bien les plastides des autres mitochondries (*fig.* 8); les plastides ont presque tous la forme de grains ou de courts bâtonnets, rarement d'haltères; nettement plus chromophiles et plus gros que les autres mitochondries qui apparaissent sous forme de petits grains.

Lorsque les grains de pollen sont définitivement séparés et ont épaissi leur membrane, le cytoplasme, jusqu'à ce moment très dense et ne contenant que de très petites vacuoles, se creuse de grosses vacuoles. On distingue encore, plus nettement que dans les phases précédentes, les plastides des autres mitochondries de même forme, mais beaucoup plus petites (*fig.* 9).

Dans le grain de pollen à la fin de son développement, le cytoplasme apparaît toujours très homogène, mais aux grosses vacuoles des stades précédents ont fait suite de très petites vacuoles réparties dans tout le cytoplasme. Le chondriome, d'une richesse extrême, est constitué par des éléments qui se colorent tous d'une manière intense (*fig.* 10). Les petites mitochondries, qui dans les stades précédents se coloraient faiblement, ont un peu accru leur volume, tandis que les plastides ont conservé leurs mêmes dimensions, de telle sorte qu'il devient plus difficile à ce stade de distinguer les plastides des autres mitochondries. Une observation attentive permet cependant de constater l'existence de mitochondries granuleuses moins nombreuses que les autres et un peu plus grosses, qui représentent les plastides. A ce stade, le grain de pollen est le siège d'une active élaboration d'amidon.

On peut trouver dans un même grain de pollen tous les stades de l'élaboration de l'amidon, qui se manifestent par de petits amyloplastides renfermant à leur intérieur un petit grain d'amidon qui leur donne l'aspect vésiculeux, et par d'autres plus gros qui, par suite de la présence de plusieurs petits grains d'amidon, ont un aspect spon-

gieux; enfin on trouve de gros grains d'amidon composés dont l'écorce mitochondriale est devenue tellement mince qu'elle est difficile à apercevoir. Dans la cellule génératrice qui n'élabore pas d'amidon, on peut également distinguer, parmi les mitochondries granuleuses très abondantes, quelques éléments un peu plus gros que les autres, qui représentent les plastides.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *De l'efficacité du fluorure de sodium employé comme antiseptique pour la conservation des traverses de chemins de fer.* Note de MM. **H. Devaux** et **H. Bouygues**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La pénurie de créosote a porté les Compagnies de chemins de fer à chercher d'autres antiseptiques en vue de la conservation des traverses. Parmi ces succédanés, le fluorure de sodium a acquis récemment une vogue remarquable, car on injecte à l'heure actuelle des quantités considérables de traverses par ce sel antiseptique. Toutefois les ingénieurs en chef s'occupant du service des voies ont eu le souci de déterminer quelle est la valeur réelle de ce sel au point de vue spécial de la conservation des traverses, car cette valeur ne paraît pas assez nettement établie par les essais d'emploi faits en Autriche et en Allemagne où, du reste, ce sel ne paraît guère avoir été employé isolément.

En vue de répondre à ce désir, la Direction des chemins de fer de l'État nous a priés de mettre à l'étude ce problème industriel dont l'importance saute immédiatement aux yeux. L'ensemble des réseaux français consomme en effet annuellement environ 6 millions de traverses dont la plus grande partie étaient injectées à la créosote, ce qui assurait une conservation de durée variable, comprise en général entre 10 et 20 ans. Si l'antiseptique nouveau a une valeur notablement moindre, il faudra doubler ou tripler ce nombre, ce qui représentera une dépense supplémentaire *annuelle* pouvant dépasser 100 millions de francs.

1° Notons tout d'abord que le pouvoir antiseptique du fluorure de sodium ne peut être mis en doute. Établi surabondamment par des recherches faites surtout à un point de vue médical, il l'a été aussi par Effront pour la levure de bière et pour les bactéries qui l'accompagnent trop souvent. Pour les organismes attaquant les bois, la bibliographie est moins riche, les essais de culture ayant généralement porté sur des cultures en milieux artificiels. C'est ainsi que Malenkowitch a établi pour le *Pénicille glauque* la dose de 1 pour 100; et que Dubourg a trouvé la même dose

pour un champignon spécial ayant provoqué la pourriture d'une traverse (*Helicomycelium fuliginosum*).

Les essais que nous avons faits sur milieu artificiel et sur *copeaux de bois* nous ont fait trouver la même limite de $\frac{1}{100}$ pour diverses moisissures, dont le Pénicelle glauque.

2° Or on injecte industriellement les traverses avec des solutions de fluorure à 2 et 2,5 pour 100. Cette concentration serait donc suffisante, mais à la condition expresse que tout l'antiseptique soit retenu dans la traverse. Il n'en est malheureusement pas ainsi. Le moindre lavage, en effet, de sciure ou de copeaux imprégnés de fluorure, enlève la totalité de ce sel. Il n'en reste certainement pas 1 millième, comme nous avons pu nous en assurer. Quand le bois injecté se présente en grosses masses (bout de traverse) la sortie est plus lente; mais 2 heures seulement d'un bain en eau distillée ont enlevé déjà $\frac{1}{25}$ du sel dans un de nos essais; et après 2 jours, la surface du bois était assez appauvrie pour que, bientôt, elle fût envahie par des moisissures.

3° Cette dernière observation, spécialement intéressante, nous invitait à examiner directement les traverses même que l'on avait injectées au fluorure, dans les usines, en vue de leur emploi.

Notre examen a porté sur des lots appartenant au réseau de l'État, à Saint-Mariens (Gironde) et dans l'arrondissement de Caen, et représentant plus de 25000 traverses en pin, chêne et hêtre. Ces traverses avaient été injectées au fluorure de sodium (2 et 2,5 pour 100), depuis 2 ans au maximum, plusieurs ne l'étaient que depuis quelques mois. Conservées comme d'habitude à l'air libre, en tas pour la plupart, elles avaient subi l'action des intempéries.

Conformément à nos prévisions, nous avons reconnu qu'un grand nombre de ces traverses fluorées étaient envahies, non seulement par des moisissures, mais aussi par des champignons supérieurs, ceux-là même qui provoquent la destruction du bois, reconnaissables à l'existence de cordons ou de lames et même de chapeaux, le tout bien vivant. D'autre part, l'examen de plusieurs de ces traverses a montré que leur bois ne contenait plus de fluorure de sodium, même à une dose bien inférieure à 1 pour 1000. Rien d'étonnant à ce que ces bois aient été attaqués, la dose nécessaire étant de 1 pour 100 au moins. Ces traverses injectées au fluorure de sodium se comportent donc comme des traverses blanches, parce qu'elles se sont spontanément désinjectées en moins de 15 mois.

4° Nous avons pu, du reste, suivre le mécanisme de la désinjection. Il

commence dès le chantier d'injection, car au soleil toutes les traverses se couvrent d'une poussière blanche de fluorure; puis sous l'influence de la pluie, elles sont lavées complètement. Quand une traverse est appliquée sur le sol, la sortie se fait aussi vers le bas, par diffusion directe : c'est probablement dans ce sens que s'effectuent les principales pertes.

5° Nous avons eu la confirmation directe de ces données diverses par l'observation faite à Villenave-d'Ornon (près Bordeaux) de traverses en pin et en chêne, injectées au fluorure de sodium en 1916 ou 1917, par conséquent depuis 4 années au plus. Ces traverses, très saines avant l'injection, ont subi dans toutes les parties en contact avec le sol et l'humidité, mais exclusivement dans ces parties, une pourriture prématurée et excessive. Le bois y est rempli de mycéliums très développés, non seulement au dehors, mais au dedans. Tout le reste de la traverse est parfaitement sain.

6° *Nous conclurons donc, en définitive, que le fluorure de sodium est un antiseptique réel, mais qui ne doit, en aucun cas, être employé à l'injection des bois soumis aux intempéries et particulièrement des traverses, parce qu'il en est très rapidement enlevé et laisse le bois sans défense, absolument comme un bois non injecté.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Détermination globale des acides organiques non aminés de l'urine.* Note de MM. **A. Desgrez** et **M. Polonowski**, présentée par M. Moureu.

On sait combien l'alcalinité des plasmas est favorable aux réactions normales et aux processus de défense de l'organisme. La notion inverse de la nocivité des acides n'est pas moins classique. Toxiques par eux-mêmes, ces corps contribuent, en outre, à déminéraliser l'économie et témoignent d'une insuffisance des oxydations, c'est-à-dire d'une perte d'énergie, proportionnelle à la grosseur de leur molécule. On a extrait de l'urine les acides formique, acétique, propionique, butyrique, isovalérianique, benzoïque, *p*-oxyphénylacétique, indolacétique, etc. Les variations de ces corps, sous l'influence du régime et des divers états pathologiques, leur rapport aux acides aminés intéressent également la physiologie et la clinique.

Si l'on excepte les acides urique et hippurique, dont les dosages sont assurés par plusieurs méthodes satisfaisantes, nous ne connaissons pas de procédé général permettant d'évaluer : 1° le carboxyle urinaire, non accompagné dans la même molécule du groupement NH^2 capable de le saturer

après désamination; 2° le poids de molécule afférent à chaque carboxyle.

Nous effectuons de la manière suivante ces deux déterminations :

100^{cm^3} d'urine sont prélevés sur la quantité des 24 heures. Le liquide est évaporé à siccité, au bain-marie, après alcalinisation par le carbonate de soude. Le résidu, intimement mélangé à du sable pur imbibé d'un léger excès d'acide phosphorique, est épuisé par l'éther anhydre, contenant 1 pour 100 d'alcool. L'extraction des acides, à l'appareil de Louïse, est terminée en 10 heures environ. Cette solution éthérée, qui ne renferme pas d'acide urique, peut être traitée par une quantité connue de soude normale dont on titre l'excès par l'acide sulfurique.

La présence inévitable de l'acide chlorhydrique, libéré des chlorures urinaires par l'acide phosphorique et entraîné dans la solution éthérée, nous fait préférer, pour terminer le dosage, l'isolement des acides sous forme de leurs sels de baryum dont les uns sont solubles, les autres insolubles dans l'eau. Cette technique présente, en outre, comme on va le voir, l'avantage de fournir une évaluation du poids moléculaire des corps dont nous mesurons l'acidité globale.

La solution éthérée est agitée, à plusieurs reprises, avec une solution de baryte à 10 pour 100. On constate la production immédiate d'un précipité barytique, tandis que la majeure partie des acides entre en solution saline. Le précipité est lavé à l'eau et à l'éther, desséché à 110°, pesé, puis transformé en carbonate de baryte que l'on pèse également. On déduit de ces deux pesées le poids moléculaire moyen des acides organiques à sels de baryum insolubles, dans le cas d'acides monobasiques. S'il en est de bibasiques, comme l'acide succinique, le calcul donne la moitié du poids moléculaire, le tiers seulement dans le cas d'acides tribasiques. Soient P_{si} le poids des sels de baryte insolubles et P'_{ci} celui du carbonate formé, on peut écrire

$$\underset{X^2 + 137}{[R.COO]^2Ba} + O^n = \underset{197}{CO^3Ba} + pCO^2 + qH^2O.$$

Le poids moléculaire du sel de baryte est égal à $\frac{P_{si}}{P'_{ci}} \times 197$, et, pour l'acide, le poids de molécule R.COOH afférent à la monobasicité est donné par la formule

$$\frac{\left(\frac{P_{si}}{P'_{ci}} \times 197\right) - 137}{2} + 1.$$

Nous avons toujours trouvé, avec l'urine normale, un poids supérieur à 50, ce qui indique la présence de molécules plus grosses que celle de l'acide oxalique, pour laquelle $\frac{M}{2} = 45$. Les chiffres obtenus, souvent voisins de 60, paraissent influencés par la présence d'acide succinique $\left(\frac{M}{2} = 59\right)$.

Le liquide contenant les sels solubles est débarrassé de l'excès de baryte par un courant de gaz carbonique; on filtre, évapore, dessèche et pèse le résidu. Ce dernier contient une certaine proportion de chlorure que l'on évalue de la manière suivante. Par calcination, on transforme les sels organiques en carbonate qui est pesé. Un traitement par

l'acide chlorhydrique transforme ce carbonate en chlorure. Par dessiccation, on obtien un nouveau poids qui permet, avec les deux précédents, de connaître la quantité de chlorure mélangée aux sels organiques et, par suite, le poids de ces derniers.

On applique les mêmes formules que plus haut pour déterminer le poids de molécule acide afférent à la monobasicité. Les chiffres que nous avons trouvés varient entre 130 et 175. Cette valeur élevée est due, pour une part facile à déterminer par un dosage direct, à l'acide hippurique ($M = 179$).

Quant à la proportion de carboxyle imputable à l'ensemble des acides organiques non aminés dont nous venons de déterminer la grandeur moléculaire, elle est fournie par le poids total de carbonate de baryte provenant de l'incinération des sels solubles et insolubles. L'un de nos dosages, par exemple, nous ayant donné $0^{g},96$ de CO^3Ba, nous en déduisons une valeur de $0^{g},45$, pour le poids de carboxyle ($-CO^2H$) correspondant. La méthode précédente permet donc une mesure de l'imperfection des oxydations des acides non aminés, ainsi que du coefficient d'acidose imputable à ces corps. Comme les oxydations sont favorisées par l'alcalinité des humeurs, on est autorisé à supposer que la seconde valeur exerce une influence sur la première.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hydrolyse diastasique de l'inuline.* Note de M. **H. Colin**, présentée par M. Emile Bourquelot.

Green [1], en 1888, a donné le nom d'*inulase* à un ferment soluble, capable de convertir l'inuline en sucre réducteur; d'après le savant anglais, il se formerait au cours de l'hydrolyse, un corps intermédiaire, plus soluble, plus dialysable que l'inuline proprement dite, mais ne réduisant pas encore la liqueur cupro-potassique. Depuis lors, on a essayé maintes fois de mettre en évidence ce produit de transition, sans y parvenir.

Or [2] des recherches récentes ont montré que l'inuline évolue *lentement* dans les racines ou les tubercules [3] pendant la période de repos et fait place à des lévulosanes moins lévogyres, plus solubles dans l'eau et l'alcool, *plus riches en glucose* que l'inuline proprement dite; les moins condensées de ces substances, la synanthrine de Tanret, en particulier, tombent sous l'action de la sucrase.

(1) Green, *Annals of Botany*, t. 1, 1888, p. 223.

(2) J. Wolff et B. Geslin, *Ann. Inst. Pasteur*, t. 32, 1918, p. 71.

(3) H. Colin, *Rev. gén. Bot.*, t. 31, 1919.

Serait-ce là le produit intermédiaire dont parle Green? L'hydrolyse diastasique de l'inuline s'effectuerait alors en deux phases, l'inuline se transformant tout d'abord en synanthrine ou quelque autre substance analogue, ultérieurement attaquée par la sucrase. Certains auteurs croient pouvoir l'affirmer; j'ai moi-même cherché longtemps dans cette voie.

Il n'est pas facile de savoir directement si la sucrase intervient dans la dégradation diastasique de l'inuline; les liquides fermentaires qui transforment l'inuline en sucres réducteurs attaquent également le saccharose; chauffés, ils perdent la faculté d'hydrolyser l'inuline alors qu'ils agissent encore sur le saccharose; on ne peut rien en conclure, sinon que la sucrase, employée seule, est sans action sur l'inuline.

L'étude des produits de dégradation fournit des indications beaucoup plus précises. Après hydrolyse de l'inuline par les acides, le pouvoir rotatoire, rapporté aux sucres formés, tombe à —81° à 22°; dans les mêmes conditions, la synanthrine livre une partie de glucose pour cinq de lévulose, mélange dont le pouvoir rotatoire est voisin de — 64°. Il suffira donc de déterminer le pouvoir rotatoire au terme de la réaction pour savoir d'une façon certaine si l'inuline, hydrolysée par les ferments, est convertie d'abord en synanthrine ou en l'un quelconque des polyoses faiblement lévogyres que renferme le tubercule de topinambour.

Rien de semblable ne se produit. En ce qui concerne l'inulase des moisissures, Bourquelot (¹) a observé dès 1893 que l'inuline de l'*Atractylis gummifera*, hydrolysée par l'inulase de l'*Aspergillus niger*, « se transforme presque en totalité en lévulose ». J'ai répété ces expériences en employant comme source d'enzyme soit l'*Aspergillus niger*, soit les mucors de distillerie, eux aussi actifs sur l'inuline; le pouvoir rotatoire était constamment situé aux environs de — 81° à 20°, c'est-à-dire que l'on avait en solution les constituants de l'inuline elle-même et non pas ceux des satellites de l'inuline tels que la synanthrine.

Le jus de topinambour n'agit pas d'une autre façon sur l'inuline. La transformation de l'inuline en ses satellites, commencée dans la pulpe *intacte* ne se poursuit pas dans le suc d'expression et chacun des polyoses s'hydrolyse alors en donnant le même mélange de glucose et de lévulose qui résulterait de l'action des acides. Soit qu'on traite le suc par les acides aussitôt après expression, soit qu'on l'abandonne à l'action lente des diastases qu'il contient, la déviation finale est la même. Enrichit-on le suc en inuline, l'hydrolyse accomplie, on observe que le pouvoir rotatoire a

(¹) BOURQUELOT, *Comptes rendus*, t. 116, 1893, p. 1143.

diminué de la même quantité que si l'on avait introduit le réducteur issu du traitement de l'inuline par les acides.

Nous ne connaissons donc pas les intermédiaires entre l'inuline et les sucres réducteurs; on ne peut considérer comme tels les lévulosanes qui accompagnent l'inuline dans le tubercule de topinambour. Les transformations *profondes* que subit l'inuline dans la pulpe pendant la période hivernale ne sont certainement pas l'œuvre de simples diastases hydrolysantes, au sens ordinaire de ce terme; on ne saurait les rapporter à l'inulase; comme tous les agents d'hydrolyse, celle-ci se borne à scinder l'inuline en ses constituants, sans provoquer aucune isomérisation.

PHYSIOLOGIE. — *Hydrolyses digestives par ionisation mécanique de l'eau.* Note de MM. **J.-E. Abelous** et **J. Aloy**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Note précédente (¹), nous avons montré qu'en soumettant une solution de saccharose à des actions mécaniques, pulvérisation, succussion, barbotage d'air ou d'un gaz inerte, on déterminait l'interversion d'une partie du sucre de canne.

Nous avons poursuivi nos recherches sur l'hydrolyse d'autres composés organiques entrant dans l'alimentation : amidon, graisses, lactose, glucosides, matières protéiques. Nous avons utilisé comme actions mécaniques, soit le barbotage, soit le plus souvent la succussion, au moyen d'un appareil pouvant donner jusqu'à 700 ou 800 secousses par minute. Les expériences étaient faites tantôt à la température du laboratoire (16°-18°), tantôt à la température de 40°-50°.

1° *Hydrolyse de l'amidon.* — A. Empois à $0^g,50$ pour 100 additionné de fluorure de sodium 0,5 pour 100 et filtré. Barbotage d'air dans un flacon de Villiers, à la température du laboratoire, pendant 10 heures. Lot témoin. Pas de saccharification appréciable dans les deux lots.

B. Le même empois additionné d'acide sulfurique $\frac{n}{10}$ (4^{cm^3} pour 250^{cm^3} d'empois) a donné, au bout de 10 heures de barbotage, $0^g,060$ de sucre réducteur, soit $0^g,024$ pour 100. Le témoin n'a rien donné.

C. Maintenu à une température de 45° et sans addition d'acide, et barboté par un courant d'air humide chauffé à 45°, l'empois a donné au bout de 6 heures 30 minutes, $0^g,034$ de sucre pour 100, le témoin ne donnant pas la réaction du glucose.

D. De l'empois à 1 pour 100 additionné de 1 pour 100 de fluorure de sodium est soumis à l'agitation dans un flacon fermé (700 secousses par minute) à la température

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1125.

de 40° pendant 5 heures. Un lot témoin est maintenu à la même température pendant le même temps.

Sucre dans le lot agité................ 0g,040 pour 100
» témoin............. simples traces

E. On peut accroître notablement la saccharification en ajoutant à l'empois de la salive bouillie (30 pour 100). Après une agitation de 5 heures à la température de 40°, on obtient 0g,0693 de sucre réducteur, tandis que le témoin ne donne rien.

La présence de la salive bouillie favorise donc beaucoup l'hydrolyse, puisqu'elle fait passer le sucre de 0g,040 à 0g,0693 soit 0g,0293 en plus.

2° *Graisses neutres.* — 5cm³ d'huile d'amandes douces, parfaitement neutre, sont émulsionnés avec une quantité d'oléate de soude juste suffisante pour avoir une émulsion fine et durable. L'oléate de soude est fortement alcalin à la phénolphtaléine. La proportion d'huile est de 2,5 pour 100. On fait deux lots de 100cm³ chaque A et B. A est soumis à l'agitation à la température du laboratoire (18°) pendant 3 heures. B est tenu au repos. Au bout de ce temps, on ajoute cinq gouttes de phénolphtaléine à chaque lot. Le lot B (non agité) se colore en rouge, tandis que le lot A (agité) reste incolore; il faut pour l'amener à la même teinte rouge que B 3cm³,7 de soude décinormale. La quantité d'acide gras libéré a donc été de 0g,082.

Même expérience, mais la température du laboratoire n'est que de 12°; agitation pendant 5 heures. Les deux lots avaient été au préalable additionnés de cinq gouttes de phénolphtaléine. Au bout de 2 heures d'agitation, le liquide est décoloré, tandis que le témoin reste rose. A la fin de l'expérience, il faut pour ramener la teinte rose dans le lot agité 1cm³ de soude décinormale. Comme l'alcalinité du lot témoin (savon) correspond à 1cm³ d'acide chlorhydrique décinormal, l'acidité réelle correspond à 2cm³ d soude $\frac{n}{10}$.

L'agitation détermine donc une hydrolyse partielle des graisses.

3° *Hydrolyse du lactose.* — Solution de lactose à 0g,5 pour 100 additionnée de 0g,8 pour 100 de chlorure de sodium.

Agitation pendant 3 heures à la température de 40°.

Lot témoin maintenu à la même température.

41 pour 100 de lactose ont été hydrolysés.

4° *Hydrolyse de l'arbutine.* — Solution d'arbutine à 1 pour 100, fluorée à 0g,5 pour 100. Barbotage d'air à 48°, pendant 1 heure 30 minutes.

Le lot barboté donne nettement les réactions du glucose et de l'hydroquinone, tandis que le témoin ne les donne pas. A la température du laboratoire (15°) simples traces de glucose dans le lot barboté. Par contre, si, à cette même température, on acidifie légèrement la solution, on obtient par le barbotage la réaction du glucose.

5° *Hydrolyse de la fibrine.* — A. 2g de fibrine de bœuf desséchée; solution de HCl à 5 pour 1000, NaCl 9 pour 1000. Agitation à 40° pendant 7 heures. Lot témoin à la même température.

La fibrine contenait 12g,3 pour 100 d'azote.

Azote soluble résultant de la protéolyse (syntonine, polypeptides, acides aminés, ammoniaque).

Pour 100g de fibrine :

lot témoin : 0g,301 — lot agité : 0g,378. Différence : 0g,077.

B. Même expérience; mais la solution d'acide chlorhydrique est remplacée par du suc gastrique de porc bouilli amené à la même acidité (5 pour 1000).

Azote soluble pour 100g de fibrine :

lot témoin : 1g,932 — lot agité : 2g,324. Différence : 0g,392.

Dans la première expérience, le coefficient de protéolyse, c'est-à-dire le rapport de l'azote soluble à l'azote total est de 0,030 pour 100 pour le lot agité et de 0,024 pour le témoin.

Dans la seconde, ce coefficient est de 0,188 pour 100 pour le lot agité contre 0,157 pour le témoin.

Ainsi la présence de suc gastrique bouilli favorise beaucoup la protéolyse par agitation, de même que la salive bouillie augmentait la saccharification de l'amidon. On connaît l'action favorisante qu'exercent les coferments vis-à-vis des diastases. Il est curieux de constater cette influence sur les hydrolyses par action mécanique, ce qui tend à montrer que le mécanisme de l'action des ferments solubles doit être cherché dans l'ionisation de l'eau.

En résumé : la simple agitation (succussion) ou le barbotage déterminent l'hydrolyse partielle de l'amidon, du lactose, des graisses neutres, de la fibrine. Les effets croissent avec l'élévation de la température. Enfin l'addition de sucs digestifs bouillis active manifestement l'hydrolyse par suite de l'action favorisante qu'exercent les composants minéraux ou organiques de ces sucs, les diastases étant mises hors de cause par l'ébullition préalable.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Considérations sur l'apophyse paramastoïde de l'Homme*. Note de M. **J. Chaine**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'apophyse paramastoïde, d'après les anatomistes humains, serait rare chez l'Homme; elle ne s'y présenterait que de 0,7 à 1 fois sur 100 crânes, selon les statistiques fournies.

J'ai fait de cette apophyse une étude comparative très complète dans toute la classe des Mammifères et, en particulier, j'ai examiné un grand nombre de crânes humains de diverses races; de mes recherches il résulte que la paramastoïde n'est point chez l'Homme aussi rare qu'on l'a dit puisque je l'y ai trouvée dans la proportion de 52 pour 100.

Si mes résultats ne concordent pas avec ceux des autres anatomistes, c'est que ceux-ci n'ont pas accordé la signification de paramastoïde à bien des accidents de la région jugulaire de l'Homme, par suite des caractères spéciaux qu'offrent beaucoup d'entre eux. Peu de régions craniennes, en effet, paraissent aussi variées et parfois même aussi tourmentées; tantôt on y relève l'existence d'une seule saillie, tantôt de plusieurs plus ou moins égales entre elles ou dont l'une domine l'ensemble; ces saillies uniques ou multiples, peuvent revêtir la forme de dents, de crêtes ou de simples mamelons. D'autres fois, c'est un soulèvement massif, mamelonné ou non, occupant toute la région; il est rare que celle-ci soit *parfaitement* lisse.

De ces divers accidents, les auteurs n'ont jusqu'ici considéré comme paramastoïdes que les apophyses bien saillantes, de forme bien caractérisée (conique ou pyramidale) et de dimensions assez notables; ils ont rejeté toutes les autres les considérant comme de simples protubérances sans importance morphologique. Généralement aussi, lorsque la surface jugulaire possède plusieurs saillies plus ou moins semblables, ils ont conclu, *a priori*, à l'absence de la paramastoïde sans jamais rechercher si l'un de ces accidents ne pouvait justement pas représenter cette formation. Une étude de la paramastoïde localisée à une seule espèce ne pouvait que conduire à de tels résultats.

De l'étude générale que j'ai faite de cette formation dans l'ensemble de la classe des Mammifères, il résulte, et cela d'une façon indiscutable, que ce qui détermine la nature paramastoïdienne d'une apophyse ce n'est pas tant la forme et les dimensions que la situation et les rapports. Quelles que soient, en effet, sa forme et ses dimensions, la paramastoïde possède des connexions générales immuables qui permettent facilement de la distinguer de toutes les autres parties craniennes. C'est en envisageant surtout les rapports et la situation que j'ai pu discerner des paramastoïdes là où les autres anatomistes n'en avaient point vu jusqu'à ce jour; c'est pour n'en avoir pas fait état que de nombreuses dispositions paramastoïdiennes ont été méconnues.

Si l'on fait de la région jugulaire humaine une étude fort complète, basée sur les données qui précèdent, on ne tarde pas à s'apercevoir que malgré leurs variétés, les dents, mamelons ou crêtes qu'elle peut posséder ne sont pas sans présenter entre eux un certain degré de liaison. Bien mieux, si on les compare aux paramastoïdes des autres Mammifères, on voit qu'il existe entre celles-ci et les premiers des caractères communs portant tout autant sur la forme, la situation que les rapports. Ces différentes saillies peuvent ainsi être reliées entre elles par des formes de passage, de sorte qu'on peut assez facilement établir des séries régulières entre les paramastoïdes ani-

males et ces divers accidents de la surface jugulaire de l'Homme non considérés comme paramastoïde jusqu'ici.

Cette manière de faire m'a permis de reconnaître divers types dans la paramastoïde humaine, non nettement délimités toutefois; autre qu'ils sont reliés par des formes de passage, chacun d'eux présente encore de nombreuses variantes.

Je ne donnerai pas ici une description complète de chacun de ces types; je me bornerai seulement à indiquer leurs principales caractéristiques.

Le *type conique* est représenté par une saillie rappelant un cône à sommet plus ou moins aigu et ordinairement assez proéminent; lorsque des arêtes sont dessinées à sa surface, il passe à la forme pyramidale. Ce sont les apophyses de ce type qui ont généralement été décrites par les auteurs.

Le *type en piqûre de puce* est déterminé par une toute petite saillie peu perceptible ayant la forme d'un petit cône très surbaissé; par son aspect il rappelle la pustule que provoque sur notre peau la piqûre d'une puce. Généralement non décrit par les auteurs.

Le *type en molaire* rappelle un tronc de cône dont la surface libre serait surmontée de mamelons arrondis en nombre variable; ce qui correspond à l'aspect de la couronne d'une dent molaire. En partie méconnu des auteurs.

Le *type crétiforme* est caractérisé par une saillie en forme de lame diversement orientée suivant les sujets. Méconnu des auteurs.

Dans le *type massif*, la région jugulaire est soulevée sur à peu près toute son étendue de manière à constituer une large saillie, plus ou moins irrégulière, sans forme géométrique bien déterminée. Inconnu des auteurs.

Par ordre de fréquence, d'après mes observations, je puis ranger ces différents types dans l'ordre suivant : conique, massif, piqûre de puce, crétiforme, molaire.

EMBRYOGÉNIE. — *Observations sur le développement de deux Hexacoralliaires* (Pocillopora cespitosa *Dana;* Seriatopora subulata *Lamarck*). *Découverte de stades primitifs révélateurs de l'origine scyphostrobilaire des Anthozoaires.* Note de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai insisté dans mes Notes précédentes sur l'importance morphogénique de l'atrophie qui frappe les structures ventrales des trois segments, α, β, γ de la larve des Anthozoaires. C'est à ce phénomène qu'il faut rapporter la cause de la symétrie bilatérale dont on a depuis si longtemps chez ces animaux, constaté l'apparition précoce.

Il faut remarquer que cette symétrie bilatérale est greffée sur un dispositif plus primitif qui relève de la symétrie radiaire et que ce complexe déjà chargé de deux symétries superposées est encore l'objet, au moment où il achève son évolution, d'un nouveau remaniement aboutissant enfin à la réalisation de la symétrie Hexamère ou Octomère de l'adulte. Cette symétrie rayonnée définitive, qui par l'ampleur de son développement obscurcit ou masque complètement les précédentes, diffère donc essentiellement de la symétrie tétraradiaire primitive et profonde qui caractérise chacun des segments α, β, γ. C'est une harmonie nouvelle résultant du groupement secondaire d'éléments morphologiquement tétraradiaires et originellement disposés en série segmentaire.

Cette conception de l'organisation des Anthozoaires nous met en présence de conditions d'appréciations qui sont de nature à transformer notre attitude vis-à-vis de la séduisante hypothèse de Balfour et de Sedgwick sur l'origine de la segmentation métamérique.

D'après ces auteurs, on le sait, la métamérisation ne serait qu'un cas particulier de la segmentation antimérique; elle en dériverait par une simple ovalisation. Un étirement suivant l'un de ses diamètres perpendiculaire à l'axe oro-aboral suffirait ainsi pour transformer une structure rayonnée en une forme métamérisée.

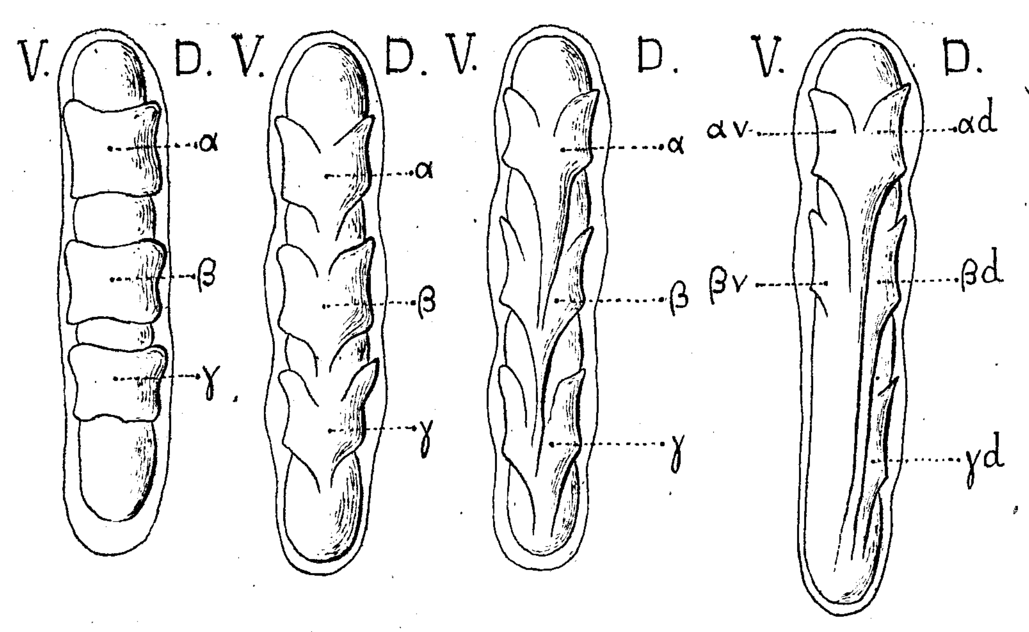
Parti de ce point de vue, Sedgwick interprète donc l'apparition de la symétrie bilatérale chez les Anthozoaires comme un début d'ovalisation se manifestant dans une structure radiaire. Ces idées, auxquelles se sont ralliés des esprits comme Van Beneden et Hubrecht, reposent sur une donnée essentielle : elles admettent comme réelle et profonde la symétrie rayonnée de l'Anthozoaire adulte.

Or, nous avons vu ce qu'il en était de la véritable nature de ce dispositif. La belle synthèse magistralement exposée par Sedgwick se trouve donc irrémédiablement atteinte à sa base par nos constatations. Toutes ses conclusions le seraient pareillement si elles n'étaient appuyées sur d'autres notions susceptibles de conserver leur valeur et même d'en acquérir une nouvelle quand on vient à leur assigner un autre point de départ.

Il est naturel d'aller chercher ce point de départ dans nos observations.

Aux termes mêmes de notre description, le premier phénomène lourd de conséquences que présente, dès le début de son développement, la larve segmentée des Anthozoaires, est l'atrophie précoce qui s'opère le long de sa génératrice ventrale. Ce processus est évidemment un facteur de trouble, de désharmonie. Pour tenter de nous éclairer sur la signification générale de la forme larvaire que nous étudions, imaginons qu'il nous soit possible d'empêcher ce phénomène de se manifester. En épargnant ainsi à l'embryon l'atrophie de ses structures ventrales nous lui rétablissons un développement conforme à un plan harmonique : la larve régulière qui en résulte est représentée ci-après. L'indication que le simple examen de ces figures jette dans l'esprit du lecteur est suffisante pour y réveiller des images et pour y provoquer des comparaisons décisives. Une forme constituée par des structures périodiques, superposées, emboitées les unes dans les autres suivant un axe oro-aboral et obéissant cha-

cune à la symétrie tétraradiaire, forme qui s'intercale dans les premières phases de l'évolution d'un Cœlentéré supérieur, c'est dans toute sa généralité la définition d'un scyphostome en voie de strobilisation. Nous sommes ainsi amenés à nous représenter le développement des Anthozoaires, avant toute manifestation d'atrophie ventrale,



Forme strobilaire idéale passant, par atrophie ventrale, de l'orthomorphisme à la dyssymétrie. α, β, γ, segments successifs; *d*, génératrice dorsale; *v*, génératrice ventrale.

comme suivant une marche parallèle et superposable à celui des Acalèphes : la larve segmentée orthomorphe d'abord, puis dyssymétrique dont je viens de donner la première description est le Strobile des Anthozoaires.

L'obstacle qui arrêtait nos efforts lorsque nous voulions tenter un rapprochement entre les deux groupes des Acalèphes et des Anthozoaires se trouve maintenant franchi et nous pouvons dès lors saisir la cause d'erreur qui s'opposait à nos progrès : nous cherchions à mettre en comparaison ces deux séries d'êtres par l'étude et le rapprochement de leurs structures radiaires définitives : or, à la symétrie radiaire réelle et profonde des Acalèphes, se substitue chez les Anthozoaires adultes une apparence dont nos recherches ont pénétré la véritable nature en établissant qu'il s'agissait d'une disposition secondaire, sous laquelle se cache une organisation qui relève de la segmentation métamérique et qui correspond à la concrescence, suivant un certain mode, des éléments successifs d'un Strobile.

Chez les Acalèphes le phénomène de la strobilisation ne nous apparaît guère que sous le jour physiologique d'un processus de multiplication et de dissémination de l'espèce; elle aboutit chez ces êtres à la formation de l'unité morphologique très complexe il est vrai, qu'est le rouleau médusaire. Mais celui-ci ne tire pour l'avenir, aucun parti de sa complexité d'organisation ; bientôt en effet, les éléments qui ont participé à sa formation se détachent l'un après l'autre de l'ensemble provisoirement

réalisé par eux et s'en vont au loin constituer autant d'unités fonctionnelles autonomes. Il en est tout autrement chez les Anthozoaires qui, favorisés par une série de dispositions anatomiques heureuses, conservent leurs éléments périodiques, les groupent, les disposent suivant une harmonie compatible avec la propre existence de chacun d'eux et avec l'unité du nouvel être qui résulte de leur assemblage.

Ces observations sont entièrement nouvelles. Elles apportent au problème si souvent et si vainement débattu des relations des Anthozoaires avec les Acélèphes une solution à laquelle nous n'étions point préparés. Cela n'enlève rien à leur portée : aux yeux des morphogénistes qui ont orienté leur activité dans la voie où s'est engagé Balfour et à sa suite Sedgwick, il apparaîtra que les connaissances que nous introduisons ici ont un caractère fondamental.

A envisager leurs conséquences immédiates, elles ruinent les comparaisons qui ont servi de base aux zoologistes de Cambridge. En établissant que les Anthozoaires sont des bilatéraux segmentés d'origine primitive, elles montrent en effet que la symétrie radiaire de ces êtres, telle que nous la constatons chez l'adulte et sur la réalité de laquelle sont fondées les déductions des embryologistes anglais, n'est qu'une apparence illusoire dérivant de la disposition toute contingente des éléments métamériques d'une série strobilaire.

A voir les choses de plus haut, ces notions nous conduisent à une conception nouvelle acheminant la pensée vers les mêmes étapes et embrassant les mêmes horizons que celle des théoriciens anglais, mais différant essentiellement d'elle par son point de départ. Alors, en effet, que l'une de ces conceptions attribue comme ancêtres aux métazoaires segmentés des types primitifs radiaires, ovalisés par élongation de l'un de leurs diamètres, l'autre fait remonter leur origine, comme celle des Anthozoaires, à des scyphostrobiles évolués de très bonne heure dans le sens de l'altération ou de la perte complète de leur symétrie radiaire par suite de l'atrophie systématisée de leurs structures ventrales, trouble du plan primitif de composition qui voue ces formes à la symétrie bilatérale et les lance corrélativement dans une ère nouvelle de transformation.

BACTÉRIOLOGIE. — *Rôle des hémolysines dans l'intoxication microbienne et propriétés thérapeutiques des sérums normaux.* Note de MM. **Weinberg** et **Nasta**, présentée par M. Roux.

La toxine du *B. perfringens* est certainement celle dont le pouvoir hémolytique *in vivo* est le plus frappant. Un cobaye de 400^g, qui reçoit dans la veine 1^{cm^3} ou 2^{cm^3} de cette toxine, meurt tantôt en quelques minutes, tantôt en une ou quelques heures. Lorsque la mort n'est pas foudroyante, l'animal est pris rapidement d'hémoglobinurie, conséquence de la destruc-

tion intense de globules rouges (chute de 6000000 à 1400000). Au bout de 2 à 3 heures, l'hématurie vient compliquer les crises d'hémoglobinurie.

Dans cette expérience, l'hémolysine joue un rôle prépondérant. En effet, la toxine du *B. perfringens*, débarrassée de son hémolysine par contact avec les globules rouges, ne tue plus un cobaye de 400^g, même injectée à dose double. L'importance de cette hémolysine est encore soulignée par ce fait que le pouvoir antitoxique du sérum anti-*perfringens* est proportionnel à son pouvoir antihémolytique.

Ces faits établis, nous avons recherché si le sérum normal de cheval, doué de propriétés antihémolytiques, ne serait pas capable, lui aussi, de neutraliser la toxine du *B. perfringens* étudiée sur le cobaye, comme il a été déjà observé dans les expériences analogues faites sur la souris (Weinberg et Seguin). Nous avons pu ainsi constater que $0^{cm^3},5$ de sérum normal de cheval neutralise une dose mortelle de toxine du *B. perfringens* et que d'autre part cette action neutralisante est également proportionnelle au pouvoir antihémolytique du sérum employé.

Le Vibrion septique est en général très hémolytique. Cependant, les souches très toxiques de ce microbe tuent le cobaye et le lapin à dose trop petite pour que la quantité d'hémolysine qu'elle renferme puisse provoquer rapidement des lésions graves du sang. Aussi, la toxine du Vibrion septique débarrassée de son hémolysine, soit par contact avec les globules rouges, soit par addition de sérum normal, ne perd-elle, en général, que peu de son activité.

Prenons maintenant le staphylocoque doré. Sans jouer un rôle prépondérant, son hémolysine contribue pour une grande part à l'intoxication générale de l'organisme causée par ce microbe. Aussi, occupe-t-elle une place intermédiaire entre les hémolysines précédentes. En voici une expérience démonstrative : 4 lapins, de 2^{kg} environ, ayant reçu chacun dans la veine 10^{cm^3} de staphylotoxine centrifugée, meurent en 5, 7, 45 minutes et 2 heures 50 minutes. Les lapins d'une deuxième série, injectés avec les mélanges de toxine (10^{cm^3}) et de sérum ($0^{cm^3},5$, 1^{cm^3}, $1^{cm^3},5$, 2^{cm^3}) qu'on a laissés préalablement pendant une heure à la température du Laboratoire, meurent avec un retard considérable (22 heures, 4 jours, 9 jours, 13 jours), sans avoir montré le moindre symptôme morbide le jour de l'injection.

Cette action du sérum normal sur la staphylolysine explique la rareté des complications à staphylocoques dans les plaies traitées par différents sérums non spécifiques. L'étude du pouvoir antihémolytique du sérum de cheval donne également la clef de la fréquence des infections à streptocoques observées dans les mêmes conditions. Besredka a déjà signalé le

pouvoir antihémolytique très faible du sérum normal de cheval vis-à-vis de la streptocolysine; nous l'avons trouvé nul pour 150 chevaux neufs. D'autre part, de tous les sérums préparés à l'Institut Pasteur, seuls les sérums antigangréneux, antipneumococcique et antiméningococcique se sont montrés légèrement antihémolytiques. Quelques échantillons de sérum antistreptococcique ont donné, l'un un indice très élevé, les autres un indice nul.

Conclusions. — 1° L'hémolysine bactérienne, loin d'être inoffensive, peut jouer un rôle important, et quelquefois même primordial dans l'intoxication générale de l'organisme. La grande rapidité avec laquelle elle se fixe sur les globules rouges explique pourquoi il est si urgent de recourir à l'injection intraveineuse de sérum, lorsqu'on est en présence d'une infection grave causée par un microbe hémolytique.

2° Les propriétés antihémolytiques du sérum normal expliquent, au moins en partie, les quelques bons effets thérapeutiques obtenus par les cliniciens dans certaines maladies avec les sérums non spécifiques; effets, d'ailleurs, inconstants à cause de la variabilité du pouvoir antihémolytique de ces sérums et de la teneur en hémolysine de la toxine sécrétée par les différentes souches d'une même espèce microbienne.

3° Il y a lieu de croire qu'on augmenterait beaucoup l'efficacité de certains sérums préparés contre des microbes hémolytiques, comme par exemple les streptocoques, en renforçant leur pouvoir antihémolytique.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission expérimentale du tréponème de la paralysie générale* (virus neurotrope) *par contact sexuel.* Note de MM. A. **Marie** (de Villejuif), C. **Levaditi** et G. **Banu**, présentée par M. **Roux**.

La transmission de la syphilis par contact sexuel n'a jamais été réalisée expérimentalement chez les animaux susceptibles de contracter la maladie, tels le singe et le lapin. Chez les simiens vivant en captivité, les accouplements sont rares et il en est de même de la fécondation. Chez le lapin, les lésions syphilitiques habituelles sont représentées soit par des chancres du scrotum, soit par une orchite à tréponèmes, lésions qui, n'intéressant pas le gland ou le prépuce, ne sauraient permettre la transmission de la syphilis par copulation.

Nos recherches sur le *virus neurotrope* de la paralysie générale ([1]), nous

([1]) Marie et Levaditi, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 742.

ayant mis en possession d'un tréponème produisant des lésions papulo-squameuses du prépuce chez le lapin, nous ont permis la transmission de ce tréponème du mâle à la femelle et inversement, par contact sexuel. Ces recherches pourront jeter quelque lumière sur le mécanisme des hérédités syphilitiques, envisagées au point de vue expérimental. En voici les détails :

1. Transmission du male a la femelle. — *Expérience I.* — Lapine n° 46-47 L est mise en contact, le 22 décembre 1919, avec le lapin n° 34, porteur de lésions préputiales à virus neurotrope (présence de tréponèmes). Ce lapin avait été inoculé dans le scrotum et le testicule avec du sang provenant d'un paralytique général. Les deux animaux restent en présence jusqu'au 5 janvier 1920 (14 jours). Le 13 janvier, *soit 22 jours après le premier contact*, la lapine montre des lésions papulo-squameuses du prépuce clitoridien et à l'entrée du vagin (présence de tréponèmes). Ces lésions se développent progressivement et persistent encore le 15 avril.

Expérience II. — Lapine n° 44-45 L est mise en contact, le 7 novembre 1919, avec le lapin n° 99 K, porteur de lésions préputiales et anales à virus PG, contenant des tréponèmes (lapin inoculé avec du sang de paralytique général). Le 29 novembre, *soit 22 jours après le premier contact*, la lapine offre des papulo-squames aux alentours du vagin et sur le prépuce clitoridien (présence de nombreux tréponèmes). Les lésions persistent le 15 avril.

2. Transmission de la femelle au male. — *Expérience III.* — La lapine n° 44-45 L, de l'expérience précédente, est mise en présence d'un *lapin neuf* n° 5 M, le 13 janvier 1920, alors qu'elle offrait des lésions vaginales riches en tréponèmes. Les deux animaux restent en présence 62 jours, sans qu'il y ait de fécondation (nulle portée). *Or, en l'absence de toute copulation, le lapin* 5 M *ne contracte pas la maladie.* Le 16 mars, il est mis en contact avec la lapine 46-47 L de la première expérience. Contrairement à la lapine 44-45 L, celle-ci est fécondée, puisque, morte le 15 avril, par suite d'une pleurésie purulente sans tréponème, la nécropsie révèle chez elle la présence de 11 fœtus, dont deux nettement macérés. Or, le lapin fécondant 5 M contracte le virus neurotrope par contact sexuel avec cette dernière femelle (lésions caractéristiques après 30 jours, présence de tréponèmes.

3. Fécondation et hérédité. — Des trois lapins à virus neurotrope ayant servi à nos expériences, un seul s'est montré fécondant, le seul, d'ailleurs, qui n'ait pas contaminé sa femelle. Les deux autres, tout en étant contaminateurs par contact sexuel, n'ont pas fécondé leurs femelles. D'un autre côté, une des femelles infectées a pu être fécondée par un lapin normal. Malheureusement, elle est morte pendant la gestation (voir *Expérience III*) et il nous a été impossible de déceler le tréponème dans les organes des fœtus et les placentas.

Conclusions. — *Ces recherches montrent que les lésions engendrées chez le lapin par le* virus neurotrope *de la paralysie générale peuvent être transmises*

par contact sexuel du mâle à la femelle et, inversement, peu de temps après la copulation (22 et 30 jours). De plus, elles tendent à prouver que *le pouvoir fécondant des mâles contaminés par ce virus est diminué, sinon supprimé, tandis que la femelle infectée peut être fécondée par un lapin indemne de syphilis*. Des recherches ultérieures montreront quel est le sort des rejetons issus de ces couples.

COMITÉ SECRET (¹).

La Commission chargée de l'examen des mesures à prendre en vue du relèvement des études astronomiques en France et composée des trois sections d'astronomie, de géographie et navigation, de physique générale et du Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques propose à l'Académie de présenter à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts le vœu dont le texte suit :

« L'Académie des Sciences estime que les Observatoires français ont un rendement trop faible du personnel et du matériel. Elle constate avec regret que les jeunes savants ne se portent pas assez vers la branche nouvelle de l'astronomie physique à tous égards si féconde, et, d'une manière générale, se détournent de plus en plus de la carrière astronomique. Il lui semble donc nécessaire que, à côté des œuvres collectives, dont la nécessité est d'ailleurs incontestable, une part de l'effort de chacun soit donnée aux recherches personnelles dans le domaine si varié, aussi bien théorie et observation, qu'offre l'astronomie. Elle pense qu'on peut obtenir d'importants résultats en assurant au personnel supérieur des Observatoires les mêmes garanties et les mêmes avantages, à égalité de grades, qu'au personnel enseignant des Universités.

» L'Académie considère que la répartition du personnel n'est pas actuellement la meilleure possible. Le personnel, en excès dans certains établissements, devrait être partagé graduellement entre les autres Observatoires, et il est à désirer que chaque astronome ait, autant que possible, un instrument à sa disposition.

» Il est également indispensable que la répartition du matériel soit révisée, que les principaux instruments soient mis en état de mieux servir,

(¹) Séance du 19 avril 1920.

et que les Observatoires soient pourvus des instruments accessoires nécessaires.

» Il faut en outre doter l'astronomie française d'un très grand instrument comparable aux grands réflecteurs du Mont Wilson (Californie) et de Victoria (Canada). Il importe de déterminer pour cet appareil l'emplacement le plus favorable, à une altitude suffisante, en France ou en Algérie. Cet instrument y serait mis à la disposition de l'ensemble des Observatoires français.

» Les Observatoires de Paris et de Meudon, qui ne relèvent pas de l'Université de Paris, devraient avoir la personnalité civile ; la composition de leurs Conseils pourrait être révisée dans le sens de l'introduction dans ces Conseils d'astronomes titulaires de ces établissements. »

La proposition de la Commission est adoptée à l'unanimité.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 MAI 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Nouvelles recherches sur le sous-azoture de carbone. Action des halogènes, des acides halohydriques et des alcools.* Note de MM. CHARLES MOUREU et JACQUES CH. BONGRAND (1).

La grande activité chimique du sous-azoture de carbone

$$C^4N^2[CN - C \equiv C - CN],$$

obtenu par nous il y a quelques années (2), permet de concevoir une multitude de réactions d'un grand intérêt. Malheureusement, malgré toutes sortes de tentatives, il ne nous a pas été possible d'établir un procédé permettant de préparer aisément des quantités un peu importantes de ce remarquable composé. Force nous a donc été de limiter notre travail à des expériences simples et n'exigeant que peu de matière. A celles que nous avons déjà communiquées (3) nous ajouterons les suivantes.

---

(1) Les expériences qui font l'objet de cette Note étaient en cours au moment où éclata la guerre. Non seulement elles ont été interrompues pendant 5 années, mais j'ai eu la douleur de perdre mon très distingué et très cher collaborateur, qui fut tué sur le front de Lorraine en avril 1916. Le travail a pu être repris dernièrement, grâce au concours dévoué de M. Georges Mignonac. Je lui adresse ici l'expression émue de mes remercîments les plus vifs pour cet hommage rendu à la mémoire du sous-lieutenant Bongrand. CH. M.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 225.

(3) *Sur le sous-azoture de carbone. Action de l'ammoniac et des amines* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1092).

THERMOCHIMIE. — La détermination de la chaleur de combustion a présenté des difficultés spéciales, inhérentes au caractère fortement endothermique de la substance. Le mode opératoire sera décrit dans un autre Recueil. Nous avons trouvé [1] :

	cal
Chaleur de combustion pour 1^g	6790
Chaleur moléculaire de combustion (à volume constant)	516
Chaleur moléculaire de combustion (sous pression constante)	515,5

d'où l'on tire :

$$4\,C_{\text{diamant}} + N^2_{\text{gaz}} = C^4N^2_{\text{sol.}} - 138^{\text{cal}},3.$$

Le sous-azoture de carbone est donc formé avec une forte absorption de chaleur, ce qui est en accord avec l'ensemble de ses propriétés.

ACTION DES HALOGÈNES. — Le sous-azoture de carbone fixe les halogènes. Avec $0^g,747$ de substance (1^{mol}), en solution dans 25^{cm^3} d'éther et $1^g,55$ de brome (2^{at}), en solution dans 25^{cm^3} de chloroforme, la décoloration était complète en trois jours à la lumière diffuse.

ACTION DES ACIDES HALOHYDRIQUES. — 1° *Action de l'acide bromhydrique : bromobutène-dinitrile* $CN - CH = CBr - CN$. — On a traité $1^g,51$ de sous-azoture, préalablement liquéfié, par 7^{cm^3} d'une solution aqueuse d'acide bromhydrique (hydrate bouillant à 126°). On observe immédiatement un dégagement de chaleur; l'huile, d'abord surnageante et incolore, gagne presque aussitôt le fond du vase, en prenant une coloration jaune brun, et elle se prend très rapidement en une masse cristalline jaunâtre. Après refroidissement, le produit est essoré, lavé à l'eau distillée et séché dans le vide sulfurique. On obtient ainsi, de premier jet, $2^g,10$ de produit bromé.

Le nouveau composé est facilement soluble, même à froid, dans les solvants organiques usuels (sauf l'éther de pétrole), d'où il se dépose en cristaux microscopiques homogènes. Il est faiblement lacrymogène. Il fond à 48°,5-49°.

Sa composition élémentaire concorde avec la formule C^4N^2HBr [Br pour 100 : 50,47 (calc. 50,8); N pour 100 : 18,07 (calc. 17,83)].

Il est évident que la formule de constitution doit être $CN - CBr = CH - CN$, représentant le schéma plan des deux bromobutènes-dinitriles stéréoisomériques. Nous n'avons pu, faute de matière, étudier la configuration géométrique.

2° *Action de l'acide iodhydrique : iodobutène-dinitrile* $CN - CH = CI - CN$. — On a traité $1^g,55$ de substance, préalablement liquéfiée, par 7^{cm^3} d'une solution aqueuse d'acide iodhydrique (hydrate bouillant à 127°). La réaction est instantanée; il y a dégagement de chaleur et apparition immédiate d'une masse cristalline peu colorée. Après essorage, lavage à l'eau distillée et dessiccation dans le vide sulfurique, on a recueilli $3^g,92$ de produit iodé (calculé pour la fixation d'une molécule d'acide iodhydrique HI : $4^g,16$).

Le corps obtenu est analogue au corps bromé. Il fond à 86°-87°. Les teneurs en iode

---

[1] Je tiens à remercier M. Boutaric, qui a bien voulu exécuter ces mesures calorimétriques. CH. M.

et azote correspondent bien à la formule C^4N^2HI [I pour 100 : 61,76 (calc. 62,25); N pour 100 : 14,1 (calc. 13,72)]. Le corps ne peut être que l'un des deux iodobutènes-dinitriles stéréoisomériques CN — CH = CI — CN.

3° *Action de l'acide chlorhydrique : chlorobutène-nitrile-amide.* — On traite le sous-azoture, préalablement liquéfié, par 10 parties de solution aqueuse d'acide chlorhydrique concentré (la solution des laboratoires). L'huile, d'abord surnageante, ne tarde pas à gagner le fond du vase, tandis que la liqueur s'échauffe. Au bout de quelques minutes, l'huile disparaît; et, le lendemain, on trouve un dépôt cristallin, transparent et peu coloré, qui est recueilli, lavé à l'eau distillée et séché dans le vide sulfurique.

Le nouveau produit est facilement soluble dans les solvants organiques usuels (sauf l'éther de pétrole). Il se dépose de sa solution dans l'alcool en cristaux incolores fondant à 167°.

D'après les teneurs en chlore et azote, le produit a une composition voisine de la formule $C^4N^2H^3OCl$ [Cl pour 100 : 26,52 (calc. 27,2); N pour 100 : 20,71 (calc. 21,45)], qui est celle d'un chlorobutène-nitrile-amide, résultant de la fixation de HCl sur la liaison acétylénique et de l'hydratation d'une des fonctions nitrile avec création d'une fonction amide. Le corps doit avoir la constitution (plane) représentée par l'un ou l'autre des schémas suivants : $CN — CH = CCl — CONH^2$, $CN — CCl = CH — CONH^2$. Étant donné le caractère électronégatif du groupe CN, le premier schéma paraît le plus vraisemblable. Le léger déficit de chlore et d'azote que présente notre produit par rapport à la formule s'expliquerait en y admettant une faible proportion de diamide.

Quant au dinitrile CN — CCl = CH — CN, il est probable qu'il est constitué par l'huile dense qui se forme dans les premiers moments de l'action de l'acide chlorhydrique sur le sous-azoture.

Action des alcools : 1° *Action de l'alcool éthylique.* — L'action est immédiate; elle s'effectue avec dégagement de chaleur et légère coloration de la liqueur. En traitant 1g,50 de sous-azoture par 5g d'alcool absolu, on obtient, après élimination de l'alcool en excès et rectification du résidu sous pression réduite, environ 2g d'une huile incolore, passant à 108°-109° sous 17mm. Le produit cristallise spontanément dès la température ambiante. Après deux ou trois congélations fractionnées, on l'obtient sous forme de très beaux cristaux, fusibles à 30°,5-31°. La densité du corps liquide, à 32°,5, est 1,0166; $N^{D}_{32°,5} = 1,4677$.

Les résultats analytiques concordent avec la composition élémentaire prévue pour la formule $C^6H^6N^2O$, qui est celle d'un produit d'addition d'une molécule d'alcool C^2H^6O à une molécule de sous-azoture [C pour 100 : 59,4 (calc. 59,01); H pour 100 : 5,06 (calc. 4,91); N pour 100 : 23,6 (calc. 22,9)].

Il est naturel d'admettre que l'alcool s'est fixé sur la liaison acétylénique (1), en for-

(1) L'un de nous a pu fixer aisément des molécules alcooliques (et même phénoliques) sur différents composés à liaison acétylénique : éthers-sels, cétones, hydrocarbures (Charles Moureu, *Comptes rendus*, 1904-1907).

mant un éthoxybutène-dinitrile CN — C(OC^{2}H^5) = CH — CN. La réfraction moléculaire a été trouvée égale à $M_D = 33,34$; le nombre, calculé d'après les incréments usuels, serait $C_D = 30,94$; l'exaltation, de 7,2 pour 100, s'explique par le caractère électronégatif des deux groupements CN et l'existence d'une liaison éthylénique dans leur voisinage.

Quelques essais d'hydrolyse du produit par l'acide sulfurique plus ou moins concentré (5 à 50 pour 100) n'ont fourni aucun résultat concluant.

2° *Action de divers alcools.* — L'alcool méthylique s'unit de même, avec énergie, au sous-azoture de carbone. L'attaque par l'alcool propylique est moins vive, et celle par l'alcool butylique l'est encore moins. Avec l'alcool benzylique, aucun dégagement de chaleur n'a été constaté.

Ces expériences n'ont pas été poursuivies.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les Siphonées calcaires fossiles de Munier-Chalmas.* Note (1) de M. **J. Costantin.**

Munier-Chalmas s'est illustré par ses découvertes sur les Siphonées fossiles et les deux Notes (2), assez courtes, publiées par lui sur cette question ont contribué à le faire entrer à l'Académie des Sciences. Il appartenait malheureusement à cette catégorie d'esprits, souvent de premier ordre, qui publient le moins possible et qui s'en rapportent à la postérité pour leur réserver la part qui leur est due (3).

En 1877 et 1879, il n'a donné que les lignes directrices de son travail, mais le détail n'a jamais paru et, à l'heure actuelle qu'il est mort sans laisser aucune note (4), on ignore souvent ce qu'il a voulu mentionner en subdivisant les Siphonées verticillées en 7 tribus et en créant 11 genres nouveaux et 2 sous-genres (11 genres: *Parkerella*, *Hermitella*, *Briardina*, *Orioporella*, *Gümbellina*, *Bornetella*, *Terquemella*, *Maupasina*, *Zittelina*, *Hagenmülleria* et *Carpenterella*; 2 sous-genres de *Cymopolia*: *Decaisnella* et *Karreria*).

L'esprit de divination dont Munier-Chalmas a fait preuve ne s'est jamais

(1) Séance du 26 avril 1920.

(2) Munier-Chalmas, *Comptes rendus*, t. 85, 1877, p. 814; *Bull. Soc. géol.*, t. 7, 1879, p. 666.

(3) Bernard de Jussieu mérite d'être cité à ce propos. Fondateur de la méthode naturelle, il se borna à traduire ses conceptions botaniques sur le sol, quand il fut chargé par Louis XV de créer le jardin botanique de Trianon. C'est son neveu (Antoine-Laurent de Jussieu) qui publia et développa les concepts de son oncle.

(4) Témoignages de M. Haug, son successeur à la Sorbonne, et de M. Dereins, son élève et souvent son secrétaire.

manifesté d'une manière aussi éclatante que pour le genre *Acicularia*, qui a d'abord été trouvé à l'état fossile avant d'avoir été signalé parmi les Algues vivantes (¹).

L'exemple précédent justifiait l'importance du concept de Munier-Chalmas, mais ne renseignait pas sur les êtres disparus qu'il avait cru devoir caractériser par des noms nouveaux (sans descriptions et sans figures, sauf pour les Algues dichotomes). On est heureusement renseigné par les documents et dessins publiés sur le genre *Bornetella* (²).

Munier-Chalmas avait, il est vrai, communiqué à M. de Solms-Laubach et à M. Steinmann (³) des renseignements très intéressants, et l'on a ainsi quelques données sur divers points. Récemment (1908, 1913, 1917 et 1918)

(¹) C'est d'Archiac qui l'a créé pour des spicules minuscules calcaires des sables éocènes du bassin de Paris (calcaire grossier); il les appela *Acicularia pavantina*, les regardant comme des Polypiers aciculaires.

La même espèce fut figurée par Michelin, comme un organisme dont la position zoologique exacte est incertaine. Ces fossiles furent placés dans diverses divisions du règne animal et Carpenter a décrit plusieurs spécimens comme portions de Foraminifères. Munier-Chalmas, par une vue géniale, rapprocha ces spicules des *Acetabularia*, Algues calcaires vivantes.

M. de Solms-Laubach trouva (après Munier-Chalmas) que l'espèce décrite par Möbius comme *Acetabularia Schenckii* de la Guadeloupe (espèce vivante) présentait exactement les caractères qui différenciaient les *Acicularia* des *Acetabularia*. Selon M. de Solms-Laubach, la conjecture de Munier-Chalmas, « qui avait peu de support à l'aide de matériaux fossiles, a été plus récemment trouvée vraie de la plus brillante manière par la découverte d'espèces vivantes de ce genre » dans lesquelles on range maintenant des espèces fossiles du Miocène. — D'ARCHIAC, *Mém. Soc. géol. Fr.*, t. 5, 1843, p. 386. — MICHELIN, *Iconographie phytozoologique*, 1840-1847, p. 176. — CARPENTER, PARKER and JONES, *Introd. to the study of « Foramifera »* (*Ray Society*, London, 1862, p. 137). — SOLMS-LAUBACH, *Monograph of the* Acetabulariæ (*Trans. Linn. Soc.*, t. 5, 1895). — MÖBIUS, *Hedwigia*, 1889. — *Acicularia Andrussowi* Solms (= *Acetabularia miocenica* Andrussow) [ANDRUSSOW, *Eine fossile* Acetabularia *als Gestein-bildender Organismus* (*Ann. k. k. nat. hist. Hofmuseum Wien*, Bd 2, Heft 2, 1887, p. 77)]. — *Acicularia miocenica* Reuss du Miocène de la Leitha-Kalk de Moravie et d'ailleurs [REUSS, *Ueber die fossile Gattung* Acicularia *d'Archiac* (*Sitzb. d. k. k. Akad. Wiss.*, Bd 43, Abt. 1, 1861, p. 7)].

(²) CRAMER, *Ueber die Siphoneen, besonders* Neomeris und Bornetella (*N. Mém. Soc. helvét. sc. nat.*, t. 32, 1890). — SOLMS-LAUBACH, *Ann. Jard. Buitenz.*, t. 11, 1893. — WILLE, *Siphonées* dans ENGLER et PRANTL, *Pflanzenfamil.* (*Nachträge zum*, t. I, 2, p. 121). — LOTZY, *Vorträge über botanische Stammes-geschichte*, I.

(³) SOLMS-LAUBACH, *loc. cit.* — STEINMANN, *Bot. Zeit.*, t. 8, 1899, p. 152. — *N. J. f. Min.*, t. 2, 1880, p. 130.

MM. Lucien et Jean Morellet ([1]) sont arrivés à se documenter, non sans difficultés, grâce aux collections étrangères examinées par le savant français, et aussi grâce à la collection de la Sorbonne.

C'est ainsi qu'ils ont trouvé un *Maupasia* M.-Ch. (= *Maupasia* M.-Ch.) et ont donné une diagnose du genre. Ils signalent une espèce nouvelle de *Parkerella* (1917), une de *Terquemella* (1917), un *Zittelina* (1913 avec la diagnose du genre d'après la collection de Solms-Laubach et de Steinmann) ([2]); *Briardina* qu'ils réduisent à l'état de sous-genre des *Acicularia*. Ils identifient un genre nouveau créé par eux *Belzungia Terquemi* n. sp. avec le *Gümbellina Terquemi* Munier-Chalmas (collection Sorbonne et collection Steinmann) = *Gümbellina Zitteli* Munier-Chalmas (collection Solms-Laubach) ([3]).

Un document d'une très grande valeur me permet heureusement de remédier partiellement à l'insouciance de Munier-Chalmas, à l'égard de sa renommée. J'ai eu l'occasion, pendant que j'étais Aide naturaliste au Muséum, de suivre de 1885 à 1886 les cours de Paléontologie végétale du professeur Bureau, et j'ai gardé le souvenir très présent du soin qu'il mettait à documenter ses leçons. Je fus alors très frappé de l'exposé des travaux de Munier-Chalmas dont j'avais été l'élève et le préparateur à l'Ecole Normale vers 1881. Bureau avait fait exécuter, sous la direction de Munier-Chalmas, trois planches sur les Siphonées fossiles et vivantes.

Chargé aujourd'hui de la Paléontologie végétale, la chaire que je dirige au Muséum a hérité, grâce à M. Lecomte, des planches murales qui ont servi vers 1885 à l'enseignement. Le caractère d'authenticité de ces documents est incontestable. J'ai d'ailleurs pu consulter les notes de cours de l'écriture de Bureau et les croquis faits par lui (documents légués au Muséum par sa famille) ([4]).

Je crois donc utile de publier ces documents, car il est fait mention sur

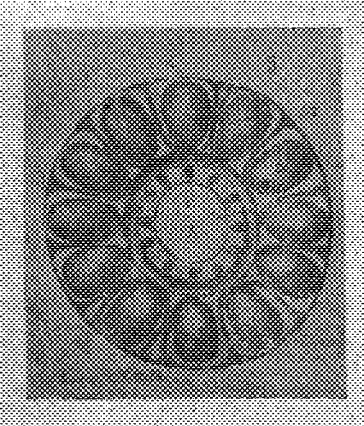
---

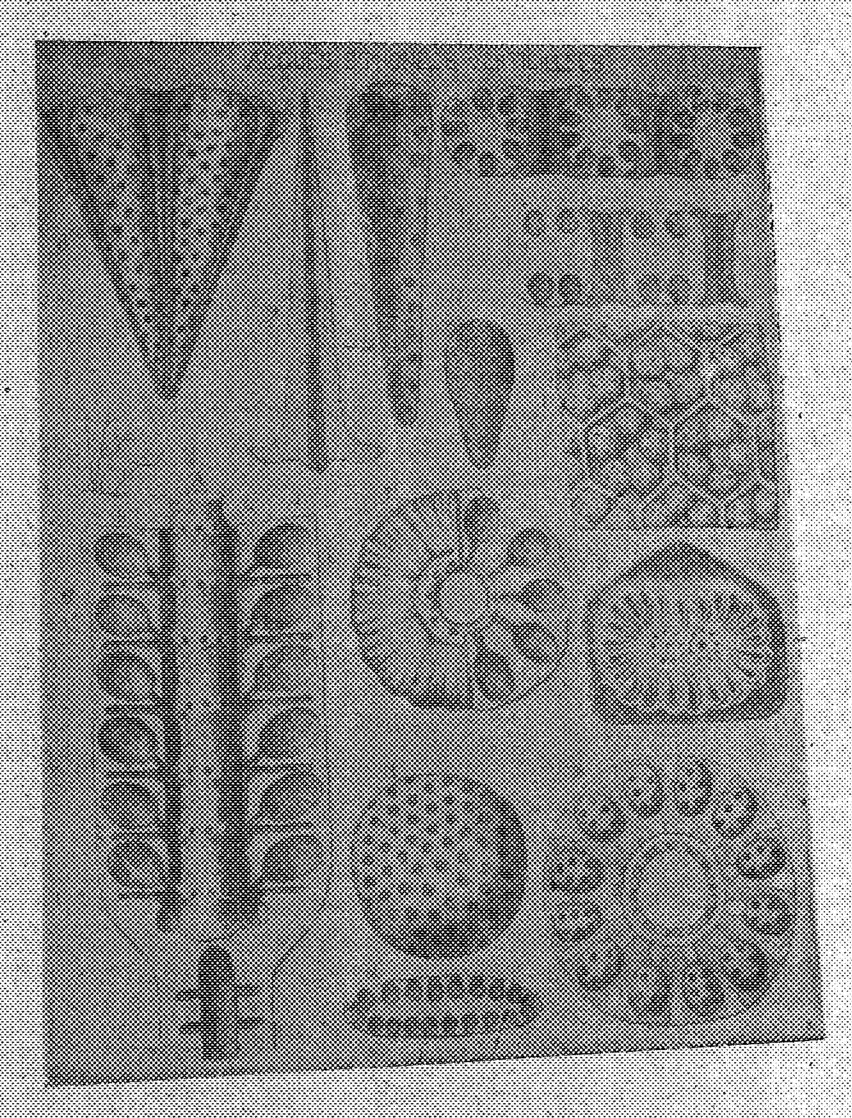
([1]) Lucien Morellet, *Deux Algues siphonées verticillées du Thanétien de Boncourt (Oise)* (*Bull. Soc. géolog. Fr.*, t. 8, 1908, p. 97). — L. et J. Morellet, *Contribution à l'étude de la Flore phycologique du Thanétien* (*C. R. sommaire des séances Soc. géol.*, 17 déc. 1917, p. 213; *Les Dasycladées tertiaires de Bretagne et du Cotentin* (*Bull. Soc. géolog. Fr.*, t. 17, 1917, p. 362-372); *Les Dasycladées du tertiaire parisien* (*Mém. Soc. géolog. Fr.*; *Paléontologie*, 1913, n° 47, 24 figures, 3 planches, 43 pages); *Observations sur le genre* Clypeina *Michelin* (*Bull. Soc. géolog. Fr.*, t. 18, 1918, p. 102-105).

([2]) *Loc. cit.*

([3]) *Loc. cit.*

([4]) La très riche bibliothèque de Paléontologie végétale de Bureau a été léguée par lui au Muséum.





5, *Karreria Zitteli*; 6, *Larvaria Saportæana*; 7, *Larvaria disculus*; 8, 8 *bis*, 9, 10 et 11, *Acicularia mediopora*; 12, *Briardina crassisepta*; 13 et 14, *Terquemella bellovacina*; 15 et 16, *Dactylopora cylindracea*; 17, *Zittelina hexagonalis*; 18, *Hagenmülleria*.

ces planches de genres qui n'ont jamais été décrits, ni figurés par Munier-Chalmas. MM. Morellet, il est vrai, ont donné récemment plusieurs interprétations, mais il est utile de les contrôler. De plus, plusieurs noms spécifiques ou génériques communiqués par Munier-Chalmas qui sont indiqués ici n'ont jamais trouvé place dans aucune publication.

La planche murale II renferme (1, 2, 3, 4) le *Cymopolia Rosarium* et 5 le *Karreria Zitteli*. La planche X est intitulée : « Algues siphonées dichotomes » (elle ne porte aucun nom spécifique) : ces dessins ont été publiés déjà (1879). Quant à la planche XIV, la plus intéressante, elle mérite d'être publiée complètement. Elle renferme les numéros suivants : 6, *Larvaria Saportæana* Munier-Chalmas; 7, *Larvaria disculus* Munier-Chalmas; 8, 8 *bis*, 9, 10 et 11, *Acicularia mediopora* Munier-Chalmas; 12, *Briardina crassisepta* Munier-Chalmas; 13 et 14, *Terquemella bellovacina* Munier-Chalmas; 15 et 16, *Dactylopera cylindracea* Lamarck; 17, *Zittelina hexagonalis* Munier-Chalmas; 18, *Hagenmülleria* (pas de nom d'espèce).

Il est inutile d'insister sur la haute estime des savants français et étrangers pour les travaux du savant professeur de la Sorbonne ([1]) et sur l'immense importance des Algues fossiles calcaires qui s'affirme chaque jour davantage, car leur rôle édificateur de roches se manifeste depuis le Silurien jusqu'à l'époque actuelle ([2]).

En faisant connaître ces dessins, je remplis envers deux savants un devoir pieux. Ils établissent que l'un fut un géologue de premier ordre et l'autre un professeur ardent et passionné, digne continuateur d'Adolphe Brongniart, fondateur de la Paléontologie végétale.

ÉLECTRICITÉ. — *Des conductions optima à remplir par les constantes d'une ligne de transport d'énergie à grande distance pour une charge donnée à l'arrivée. Solutions pratiques.* Note de M. A. BLONDEL.

Je me propose maintenant de déterminer les conditions à imposer aux constantes de la ligne pour réaliser le régime de rendement maximum que j'ai rappelé ([3]). Supposons d'abord la charge concentrée à l'extrémité et égale à la charge normale ([4]). On peut envisager plusieurs solutions.

([1]) Deux genres lui ont été dédiés : *Muniera* Deecke, *Chalmasia* Solms (ENGLER und PRANTL, *Pflanzenfamilien*, I, 2, p. 159; *Nachträge zum* I, 2, p. 122; *Mém. Soc. géol.*, 1918, n° 47, p. 7).

([2]) Mme P. LEMOINE, *Rev. gén. des Sciences*, 1911, p. 648.

([3]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 978. Les mêmes notations sont conservées ici.

([4]) On traitera incidemment la question de régulation qui n'intervient que pour les régimes de fonctionnement à charge réduite.

1. *Ligne à déphasage faible en tout point.* — Il faut, comme je l'ai montré en 1908 (cf. *loc. cit.*), que les angles de décalage [1] au départ et à l'arrivée soient égaux et de signes opposés (le décalage à l'arrivée est, en pratique, un décalage en arrière, mais l'inverse est théoriquement possible).

Le décalage au départ dépend des constantes de la ligne et du voltage, ou (ce qui revient au même pour une puissance donnée) de l'impédance à l'arrivée.

Le courant et le décalage vont en croissant du voisinage du milieu de la ligne aux extrémités, d'autant plus que le décalage aux deux extrémités est plus grand; le rendement sera d'autant plus élevé, que ce décalage sera plus réduit; mais pratiquement l'influence en est peu sensible tant que $\cos\varphi > 0,95$ environ. On obtiendra donc le rendement optima en remplissant deux conditions :

1° Choisir les constantes linéiques de façon que le décalage varie lentement et que l'impédance caractéristique vectorielle de la ligne n'ait qu'un faible argument.

2° Ramener le facteur de puissance de la distribution au point d'arrivée à une valeur maximum φ_m, voisine de 0,95, par l'emploi de condensateurs statiques ou rotatifs (moteurs synchrones).

Cette solution suggère le *cas particulier théorique* suivant.

2. *Ligne sans déphasage* [2]. — Les épures, que nous avons données antérieurement pour le calcul des tensions et des courants, montrent qu'on pourrait théoriquement réaliser une ligne maintenant le décalage nul, quelle que soit la longueur, en réalisant les conditions

$$\overline{m} = \overline{Z_1} \quad \text{et} \quad \theta = \theta', \tag{1}$$

c'est-à-dire en faisant l'impédance caractéristique $\overline{m}$ de la ligne égale à l'impédance $\overline{Z_1}$ du circuit d'utilisation, et les angles d'admittance linéique et d'impédance linéique égaux et de même signe. En ramenant, d'autre part, à l'unité le facteur de puissance à l'arrivée, on réaliserait ainsi un régime idéal de transport sans déphasage en aucun point. Sur l'abaque

---

(1) On appellera pour abréger *décalage* l'angle de phase entre le courant et la tension en un même point de la ligne.

(2) Il ne faut pas la confondre avec une ligne de longueur d'onde nulle, qu'on obtiendrait en faisant $\theta + \theta' = 0$, c'est-à-dire en donnant des signes égaux et opposés aux angles d'impédance et d'admittance; le résultat serait détestable.

hyperbolique de Brown, ce régime correspond au point à l'infini sur l'axe horizontal passant par l'origine.

Mais la seconde condition ci-dessus, qui peut s'écrire aussi sous la forme

$$\omega lg = \omega cr, \tag{2}$$

ne peut être remplie que de deux façons : soit en prenant une résistance r très faible, ou une conductance g de perte ou distribution élevée; soit en modifiant beaucoup les valeurs naturelles de l et de c par l'adjonction de self-inductions en série, ou de capacités en dérivation; et l'on n'obtiendrait, au prix d'une forte dépense, qu'un accroissement minime de rendement par rapport à la solution n° 1.

En outre, aux charges plus faibles que la pleine charge définie par $\overline{Z}_1$, l'égalité (1) ne sera plus réalisée.

3° *Tronçonnement d'une ligne à trop grand déphasage total.* — Si la ligne est trop longue, ou a un trop grand facteur de rotation de phase, pour admettre des décalages opposés faibles à ses deux extrémités, on la divisera en tronçons tels que pour chacun d'eux cette condition soit réalisée et réponde à la solution n° 1; le décalage variera de $+\varphi_m$ à $-\varphi_m$, en passant par zéro; et, à chaque point de division ainsi déterminé, on inversera le signe du décalage par l'effet d'une self-induction placée en dérivation, ou d'un moteur asynchrone (ou synchrone).

C'est là une solution *pratique*, facile à réaliser, par une exploitation rationnelle, même quand l'énergie est *distribuée en divers centres;* il suffit de répartir convenablement les condensateurs réglables (statiques ou rotatifs) le long de la ligne et notamment aux points de tronçonnement. Son seul défaut est d'exiger des condensateurs fixes ou rotatifs; mais *aucune* solution ne peut dispenser de faire cette dépense.

On peut envisager plus généralement encore la solution suivante.

4° *Lignes à constantes linéiques variables.* — En vue de réaliser la condition optima sous des charges différentes, on pourrait modifier à volonté pendant le service la capacité et la self-induction d'une ligne, au moyen d'un double système de moteurs synchrones accouplés mécaniquement : l'un, dont l'induit sera branché *en dérivation* sur la ligne et permettra d'annuler les effets des capacités; l'autre, dont le calage du stator sera variable par rapport au premier stator, et dont l'induit sera branché *en série* (par l'intermédiaire d'un transformateur) dans les fils de ligne et excité de manière à y produire des forces électromotrices compensant les forces électromotrices

de self-induction et réglables suivant la charge. Tout le système peut être rendu automatique (¹).

Remarque. — L'étude de la ligne optimum (solution 3°) peut se faire aisément sur l'abaque hyperbolique de Brown : il faut d'abord que l'argument $\frac{\theta - \theta'}{2}$ de l'impédance caractéristique soit négatif ($\theta' > \theta$); pour éviter d'autre part des décalages trop grands aux extrémités du tronçon, il faut que la constante de propagation, correspondant au tronçonnement choisi, soit assez courte pour que son vecteur représentatif $\overline{nx}$ puisse être placé comme corde d'une ligne d'égal module sans que ses extrémités s'écartent beaucoup d'un côté ou de l'autre de la ligne d'égal argument de l'impédance caractéristique. On placera ainsi sur l'abaque, pour chaque tronçon, le vecteur $\overline{nx}$ remplissant les conditions de décalage indiqué; et, après chaque tronçon, on passera de l'angle *plus* à l'angle *moins* (ou inversement) suivant une ligne d'égal module. Pour chaque tronçon, le point figuratif d'arrivée sur l'abaque et le vecteur donnent les deux expressions *vectorielles* $\frac{m}{2}\underline{|\gamma - \varphi_1}$ et $nx\underline{\left|\frac{\delta}{2}\right.}$ qui permettent de calculer les quatre constantes r, l, g et c à donner à la ligne pour réaliser les conditions ci-dessus.

On voit, par ce qui précède, combien ces solutions pratiques s'écartent des réglages proposés en quart d'onde ou en demi-onde par rapport à la fréquence des courants transmis. Il semble intéressant, pour terminer, de faire ici la critique de chacune de ces deux solutions très spéciales.

A. *Ligne réglée en quart d'onde.* — Le but proposé dans le réglage en quart d'onde est d'avoir à la station de départ un réglage à débit à peu près constant, tandis qu'à l'arrivée le courant sera consommé à tension constante. Mais ce n'est là qu'une apparence, car dès qu'il y a débit de courant, et surtout de courant déwatté, la résistance et la perditance de la ligne — perditance qu'on a tort de négliger dans les calculs, car elle modifie dans une proportion souvent considérable (et souvent avantageuse dans les solutions 1° et 3°) l'argument de l'impédance caractéristique, et *a fortiori* la distribution en cours de route — rendent tout à fait illusoire le régime de

(¹) On devra donner au moteur en dérivation un grand coefficient de stabilité aux oscillations (grand couple élastique), capable de contrebalancer l'instabilité naturelle de la machine en série; un dimensionnement convenable des entrefers des deux machines permettra d'obtenir ce résultat.

résonance considéré. La ligne travaillant sous charge finit par se comporter simplement comme une ligne quelconque, avec des constantes de self-induction et de capacité plus ou moins grandes, et la tension au départ ne reste pas sensiblement nulle, comme à vide, mais devient voisine de la tension de distribution. Elle est donc beaucoup plus difficile à régler que pour les lignes ordinaires à tension peu variable.

Même à vide, pour une tension de distribution donnée, la consommation de puissance inutile de la ligne quart d'onde est plus grande; le rendement à faible charge restera donc inférieur à celui d'une ligne à décalage lent (solutions 1° et 3°), il en sera de même *a fortiori* en charge normale.

B. *Ligne réglée en demi-onde.* — La ligne réglée en demi-onde ne présente aucun avantage au point de vue du régime de départ, puisqu'on retombe sensiblement sur le même régime qu'à l'arrivée, déduction faite des pertes dans la ligne. Il est très facile de voir sur l'abaque hyperbolique que le rendement et l'uniformité du voltage en charge non décalée à l'arrivée sont inférieurs, non seulement à celui de la ligne sans déphasage (solution 2°), mais encore à ceux de la ligne pratique de rendement optimum (solutions 1° et 3°).

Enfin la ligne demi-onde et la ligne quart d'onde ne se prêtent pas, à la différence de notre ligne compensée, à des distributions en cours de route.

Ligne réglée à tension uniforme. — On a fait intervenir quelquefois, en faveur des lignes demi-onde la question de la constance de la tension; il est vrai que la ligne demi-onde se prête en apparence à cette constance de voltage *aux extrémités*, mais en fait elle s'y prête beaucoup moins bien qu'une ligne qui serait calculée spécialement pour voltage constant, car sur un abaque hyperbolique il est facile de tracer le vecteur représentatif de la chute de tension en ligne, suivant une position telle que ses deux extrémités se trouvent sur une même courbe de voltage (c'est-à-dire correspondent à un même module du cosinus hyperbolique imaginaire). Mais alors les conditions ne sont pas celles du maximum de rendement.

Remarque. — Au point de vue de la tension, on remarquera aisément à l'aide de l'abaque que la ligne demi-onde fonctionnant à vide présente une curieuse propriété. L'extrémité du vecteur représentatif $\overline{n x} = x\sqrt{a^2 + b^2}$ se trouve sur une horizontale passant à une distance π au-dessus de l'origine; cette hauteur représente la partie imaginaire bx de l'arc hyperbolique $\overline{nx}$; mais l'abscisse ax correspondant peut être variable suivant l'inclinaison de la

constante de propagation. Si ax est très petit (pertes wattées très faibles) par rapport à π, on voit que le voltage, en cours de route, ira en diminuant et passera par un minimum, les deux extrémités étant toutes les deux sensiblement au voltage de distribution. Au contraire, si ax est grand par rapport à π, le voltage pourra rester sensiblement constant à vide; si ax devenait encore plus grand, le voltage ira constamment en croissant du point d'arrivée au point de départ.

Cette discussion se ferait aussi, mais moins aisément, en utilisant les formules usuelles algébriques pour le calcul de la tension.

En définitive, toutes les solutions exceptionnelles paraissent devoir être à rejeter en faveur des solutions 1° et 3° décrites plus haut, et que j'ai appliquées en 1908 aux calculs de transports d'énergie à 500^{km} et à 1200^{km}.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la recherche spectrographique des métaux et spécialement du zinc dans les organismes animaux.* Note de M. **A. de Gramont.**

Au sujet de la présence du zinc dans l'organisme humain, il a été fait ici récemment [1] allusion aux importantes recherches de M. C. Delezenne [2] qui ont établi d'une manière incontestable que le zinc est un constituant cellulaire normal, et toujours présent dans l'organisme animal. Le travail de M. C. Delezenne n'ayant pas passé sous les yeux de l'Académie, je demande la permission de faire remarquer que la présence du zinc avait d'abord échappé à l'analyse par voie humide, et que c'est l'analyse spectrale qui a d'abord signalé ce métal. Des cendres de venins de serpents avaient été soumises à mon examen par M. Delezenne, qui avait établi déjà dans ces venins la présence de certaines diastases, remarquables par leurs caractères, et qui y supposait l'intervention de quelque élément métallique spécial. Ces cendres furent étudiées par une méthode que j'avais présentée ici dès 1895, celle de l'analyse spectrale par les sels en fusion, et dont on trouvera un exposé récent avec des figures dans des recherches sur le titane [3].

---

(1) Sinicha Giaya, *Le zinc dans l'organisme humain* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 906).

(2) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 33, février 1919, et *Thèse de doctorat*, 1919.

(3) A. de Gramont, *Sur le spectre de lignes du titane et sur ses applications* (*Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 94).

Les cendres dissoutes ou en suspension dans près de dix fois leur poids (¹) de carbonate de sodium en fusion dans une cuiller en platine, y étaient soumises à l'étincelle due à la décharge d'un condensateur d'environ 0,023 microfarad intercalé dans le secondaire d'une bobine d'induction. Le spectre de cette étincelle était recueilli dans deux spectrographes, l'un à deux prismes en crown uviol, l'autre à un prisme en quartz. Toutes les cendres de venin donnaient, dans la région visible, les raies bleues du zinc 4811 et 4722, la troisième 4680 étant la plupart du temps masquée, si elle n'était pas suffisamment vive, par les bords d'une large bande diffuse, très élargie, du sodium du dissolvant. Mais la présence du zinc avait été immédiatement reconnue spectrographiquement par l'intensité notable de la raie ultraviolette 3345, ultime du zinc. Voici un Tableau donnant, en longueurs d'ondes (unités d'Angström internationales), les sensibilités des raies du zinc au centième et au-dessous.

λ int.	Teneurs en zinc dans Na^2CO^3. $\frac{1}{100}$.	$\frac{5}{1000}$.	$\frac{1}{1000}$.	$\frac{5}{10000}$.	$\frac{1}{10000}$.	Observations.
4924,0...	o	o	o	o	o	
4911,7...	o	o	o	o	o	
4810,5...	+	+	+	+	?	
4722,2...	+	+	+	+	+	
4680,1...	»	»	»	»	»	Généralement masquée par Na 4669.
3345,5... / 3345,0...	+	+	+	+	+	
3302,9... / 3302,6...	»	»	»	»	»	Masquée par Na { 3303,0 / 3302,7 }.
3282,3...	+	+	+	?	o	
3072,1...	+	?	o	o	o	
2801,0...	+	?	o	o	o	
2558,0...	o	o	o	o	o	
2502,1...	o	o	o	o	o	
2138,5...	»	»	»	»	»	Non utilisée.

Ce Tableau a été établi indépendamment des recherches sur les cendres de venin.

Le doublet Zn 3303, masqué avec les sels de soude, pourrait être utilisé avec des sels de potasse ou de lithine, mais avec le risque de le confondre avec

(¹) A cause du peu de matière possédé, mais la proportion optimum est d'à peu près 1 de cendres pour 5 de carbonate alcalin.

le doublet correspondant du sodium, ultime de ce métal, et extrêmement sensible.

La raie rouge Zn 6362, très sensible pour l'œil, mais n'impressionnant que les plaques panchromatiques, n'a pas été employée, non plus que la raie ultraviolette extrême Zn 2138, dont la sensibilité est très grande, moindre cependant que celle de la raie ultime Zn 3345, qui peut atteindre le cent-millième.

Malgré le halo débordant de la bande élargie du sodium, dont le centre est à 4669, la raie Zn 4680 était néanmoins bien visible dans certains cas, avec les cendres de venin de cobra (*Naja tripudians*), par exemple.

Toutes les cendres de venin ont fourni Zn 3345 et Zn 4722 bien visibles; les autres raies, marquées + dans le Tableau, variaient suivant l'origine des cendres et les petites variations de leur proportion par rapport au carbonate du sodium employé.

Cette méthode des spectres de dissociation dans l'étincelle, obtenus par l'intermédiaire des sels alcalins en fusion, est applicable à la recherche de presque tous les métaux [1] (sauf l'uranium et certaines terres rares) et d'une partie des métalloïdes dans toutes sortes de cendres. Elle est d'une sensibilité extrême pouvant atteindre le millionième pour la recherche du fer, et trouve ainsi son application à l'étude des produits d'incinération des organismes. La difficulté est alors de se procurer du carbonate de sodium totalement exempt de fer. Mais je rappellerai à ce propos que les spectres de dissociation fournissent des indications quantitatives faciles à établir par un étalonnage spécial, et répondant par des indications de différences, même pour des teneurs élevées, très supérieures au centième dans la plupart des cas, beaucoup d'éléments n'atteignant même la limite d'apparition totale de leur spectre de lignes qu'à 80 pour 100 et même plus. On pourra donc rechercher le fer par les raies de sensibilité moyenne de ce métal, en juxtaposant son spectre à celui du sel alcalin seul, puis à celui du même sel chargé des cendres à analyser. Les raies du fer, en plus de celles apportées par le sel, indiqueront la présence et, jusqu'à un certain point, la teneur en fer du produit soumis à l'analyse.

---

(1) Voir notamment A. DE GRAMONT, *Sur les raies ultimes et de grande sensibilité du chrome, du manganèse, du fer, du nickel et du cobalt* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 276).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Baud. *Les industries chimiques françaises.* (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Observations vitales sur le chondriome des végétaux et recherches sur l'origine des chromoplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens. Contribution à l'étude physiologique de la cellule,* par A. Guilliermond. (Présenté par M. G. Bonnier.)

3° *Histoire de la Chimie,* par Maurice Delacre. Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences (Prix Binoux). (Présenté par M. G. Lemoine.)

4° *Aeronautics. Annual Report of the* National advisory Committee for Aeronautics, 1915, 1916, 1917.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions de plusieurs variables.* Note de M. **Gaston Julia**.

On considère une famille de fonctions $f(x, y)$, holomorphes dans un volume V de l'espace à quatre dimensions $x_1, x_2, y_1, y_2 (x = x_1 + ix_2, y = y_1 + iy_2)$. Une nappe d'hypersurface $\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2) = 0$ étant donnée dans ce volume V, dont on ne considère qu'une portion assez petite, voisine du point P de la nappe (comme on le fait dans l'étude de tout problème local), on sait que la nappe divise une petite hypersphère de centre P en deux régions, chacune d'un seul tenant : dans l'une $\varphi > 0$, dans l'autre $\varphi < 0$. La fonction φ est supposée avoir des dérivées jusqu'à un certain ordre, jusqu'au troisième, par exemple. Le problème à résoudre est le suivant : Existe-t-il dans chacune des deux régions précédentes une famille de fonctions $f(x, y)$, normale en tout point intérieur à la région considérée, et qui cesse d'être normale en tout point de la nappe $\varphi = 0$, qui appartient à la *frontière* de ladite région? On va voir que ce n'est pas possible, et qu'une telle famille ne peut en général exister que dans l'*une des deux régions précédentes*.

I. Supposons que, dans la région $\varphi > 0$, il existe une famille possédant la propriété indiquée, et construisons une *surface caractéristique* régulière Σ qui touche la nappe au point P, et qui, au voisinage de ce point P, n'ait pas d'autre point réel commun avec la nappe que le point P lui-même. On montre alors aisément, en s'aidant du théorème fondamental énoncé au paragraphe I d'une précédente Note [1], que, dans le voisinage de P, la *surface* Σ *doit appartenir à la région* $\varphi < 0$.

II. Or, le point P étant supposé non singulier sur $\varphi = 0$, les quatre dérivées $\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}$, $\frac{\partial\varphi}{\partial y_1}$, $\frac{\partial\varphi}{\partial x_2}$, $\frac{\partial\varphi}{\partial y_2}$ ne sont pas toutes nulles, et à supposer, par exemple, que $\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\right)^2 \neq 0$, on pourra aisément construire une surface Σ caractéristique touchant la nappe au seul point P, en posant

$$x = \xi + a_1(y - \eta) + a_2(y - \eta)^2 + \ldots \tag{1}$$

(ξ et η étant les coordonnées complexes de P, $\xi = \xi_1 + i\xi_2$, $\eta = \eta_1 + i\eta_2$), et déterminant les coefficients a_i de façon que la fonction $\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2)$ conserve, sur Σ, un signe constant au voisinage du point P. Et, en vertu du précédent paragraphe, ce signe doit être le signe *moins*.

Si l'on déduit de l'équation complexe (1) les deux équations réelles usuelles, et si l'on substitue dans φ les expressions de x_1 et x_2 en $y_1 - \eta_1$ et $y_2 - \eta_2$ qu'elles fournissent, on a un développement limité de Taylor en $y_1 - \eta_1$ et $y_2 - \eta_2$, dont il faudra que les termes du premier ordre disparaissent (ce qui détermine a_1) et dont les termes du deuxième ordre devront constituer une forme *quadratique définie négative* en $y_1 - \eta_1$ et $y_2 - \eta_2$. Effectuant le calcul indiqué, on constate qu'il faudra qu'une certaine expression déduite de φ *ne soit pas positive*. Voici cette expression :

$$\begin{aligned}\mathfrak{C}[\varphi] = {} & \left[\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2^2}\right]\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y_2}\right)^2\right] + \left[\frac{\partial^2\varphi}{\partial y_1^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y_2^2}\right]\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\right)^2\right] \\ & - 2\left[\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\frac{\partial\varphi}{\partial y_1} + \frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\frac{\partial\varphi}{\partial y_2}\right]\left[\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial y_1} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2\,\partial y_2}\right] \\ & - 2\left[\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}\frac{\partial\varphi}{\partial y_2} - \frac{\partial\varphi}{\partial x_2}\frac{\partial\varphi}{\partial y_1}\right]\left[\frac{\partial^2\varphi}{\partial x_1\,\partial y_2} - \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_2\,\partial y_1}\right];\end{aligned}$$

les dérivées précédentes étant calculées au point P.

III. On peut donc énoncer les conclusions suivantes :

---

[1] *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 875.

1° *Pour qu'il existe, dans l'une des deux régions* $\varphi > 0$ *ou* $\varphi < 0$, *une famille de fonctions* $f(x, y)$, *normale en tout point intérieur à la région, et cessant d'être normale en tout point de l'hypersurface* $\varphi = 0$ *qui appartient à la frontière de la région considérée,* IL EST NÉCESSAIRE *que l'expression* $\mathfrak{S}[\varphi]$ *conserve un signe constant sur toute la partie de l'hypersurface* $\varphi = 0$ *que l'on considère.*

Si l'on a constamment $\mathfrak{S}[\varphi] \leqq 0$, *la famille de fonctions* $f(x, y)$ *ne pourra exister que dans la région* $\varphi > 0$; *si l'on a* $\mathfrak{S}[\varphi] \geqq 0$, *la famille ne pourra exister que dans la région* $\varphi < 0$.

2° *Pour qu'il existe une famille* $f(x, y)$ *dans chacune des régions* $\varphi > 0$, $\varphi < 0$, *il faudra que* $\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2)$ *satisfasse à l'équation aux dérivées partielles*

$$\mathfrak{S}[\varphi] = 0.$$

Il est aisé d'autre part, comme on le verra bientôt, de démontrer que *ces conditions nécessaires sont suffisantes;* on le montrera dans chacune des hypothèses précédentes, en construisant effectivement une famille de fonctions $f(x, y)$ qui jouira des propriétés signalées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du second ordre vérifiées par les fonctions de Bessel à plusieurs variables.* Note [1] de M. **Benjamin Jekhowsky**, présentée par M. Appell.

Les fonctions de Bessel à plusieurs variables vérifient $N = n + \frac{(n-1)(n-2)}{2}$ équations linéaires distinctes du second ordre, n étant le nombre des variables.

Parmi ces équations, $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$ équations sont d'un type très simple. Quant aux autres n équations, elles deviennent assez compliquées au fur et à mesure que le nombre des variables augmente. Ces dernières équations pour le cas de $n = 2$, ainsi que le type des $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$ équations, ont été indiquées par M. Appell [2] et par M. Pérès [3].

Je me propose de donner les expressions générales qui permettent de former toutes les équations différentielles du second ordre, vérifiées par les fonctions de Bessel à n'importe quel nombre de variables.

---

[1] Séance du 12 avril 1920.
[2] *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 419.
[3] *Ibid.*, t. 161, 1915, p. 168.

En partant des relations de récurrence, savoir :

$$(1)\qquad I_{k-n}(x_1, x_2, \ldots, x_n) - I_{k+n}(x_1, x_2, \ldots, x_n) = 2\frac{\partial I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_n},$$

$$(2)\qquad 2k\, I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{n=1}^{n=n} n x_n [I_{k-n}(x_1, x_2, \ldots, x_n) + I_{k+n}(x_1, x_2, \ldots, x_n)],$$

on trouve n relations de chacune des deux formes

$$(3)\qquad \begin{aligned} &2(k \mp r)\, I_{k\mp r}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \\ &\quad = \sum_{n=1}^{n=n} n x_n [I_{k-(n\pm r)}(x_1, x_2, \ldots, x_n) + I_{k+(n\mp r)}(x_1, x_2, \ldots, x_n)], \end{aligned}$$

où l'on fait successivement $r = 1, 2, 3, \ldots, n$.

On a ainsi $2n$ relations, qui, combinées deux à deux pour les mêmes valeurs de r, donnent n équations.

Le nombre des variables $n = 2q$ étant pair, en additionnant les relations (3) pour des valeurs de $r = 1, 2, \ldots, n$, on obtient q équations d'indice r pair et q équations d'indice r impair.

Chaque somme ainsi trouvée, en tenant compte de la relation (1) et de celles qui en dérivent, après toutes réductions faites, devient

α. $n = 2q, r = 2m$:

$$\text{(A)}\qquad \begin{aligned} &\sum_{p=0}^{p=q-2} \Big[2(q-p)\, x_{2(q-p)} \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(q-p)-m}} \\ &\qquad + 2(q-p-1)\, x_{2(q-p-1)} \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(m+1)-(q-p)}} \\ &\qquad + [2(q-p)-1]\, x_{2(q-p)-1} \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(q-p)-m}\, \partial x_{(q-p)-(m+1)}} \\ &\qquad + [2(q-p)-3)\, x_{2(q-p)-3} \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(m+1)-(q-p)}\, \partial x_{(m+2)-(q-p)}} \Big] \\ &- \sum_{p=0}^{p=q-1} \Big\{ 2(q-p)\, x_{2(q-p)} \Big[2\frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(q-p)}} - \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(q-p)+m}} \Big] \\ &\qquad + [2(q-p)-1]\, x_{2(q-p)-1} \Big[2\frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(q-p)}\, \partial x_{(q-p-1)}} \\ &\qquad\qquad - \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(q-p)+m}\, \partial x_{(q-p)+(m-1)}} \Big] \Big\} \\ &\qquad - 2k \frac{\partial^2 I_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_m} + 2m \frac{\partial I_k(x_1, x_1, \ldots, x_n)}{\partial x_{2m}} = 0 \end{aligned}$$

avec $m = 1, 2, 3, \ldots, (q-1)q$.

b. $n = 2q, r = 2m - 1$:

$$
\begin{aligned}
\text{(B)} \quad & \sum_{p=0}^{p=q-2} \Bigg\{ 2(q-p)\,x_{2(q-p)} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(q-p)-m}\, \partial x_{(q-p)-(m-1)}} \\
& \qquad + 2(q-p-1)\,x_{2(q-p-1)} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{m-(q-p)}\, \partial x_{(m-1)-(q-p)}} \\
& \qquad + [2(q-p)-1]\,x_{2(q-p)-1} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(q-p)-m}} \\
& \qquad + [2(q-p)-3]\,x_{2(q-p)-3} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{m+1-(q-p)}} \Bigg\} \\
& + \sum_{p=0}^{p=q-1} \Bigg\{ [2(q-p)-1]\,x_{2(q-p)-1} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(q-p)+(m-1)}} \\
& \qquad\qquad + 2(q-p)\,x_{2(q-p)} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(q-p)+m}\, \partial x_{(q-p)+(m-1)}} \Bigg\} \\
& + \frac{2\left(k - 2\displaystyle\sum_{p=1}^{p=q} p\, x_{2p}\right)}{\displaystyle\sum_{p=0}^{p=q-1} [2(q-p)-1]\,x_{2(q-p)-1}} \\
& \quad \times \Bigg\{ \sum_{p=0}^{p=q-1} 2(q-p)\,x_{2(q-p)} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x^2_{(q-p)}} \\
& \qquad\quad + \sum_{p=0}^{p=q-2} [2(q-p)-1]\,x_{2(q-p)-1} \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{(q-p)}\, \partial x_{(q-p-1)}} \Bigg\} \\
& + \left[\frac{\left(\displaystyle\sum_{p=1}^{p=q} (2p-1)\,x_{2p-1}\right)^2 - \left(k - 2\displaystyle\sum_{p=1}^{p=q} p\, x_{2p}\right)^2}{\displaystyle\sum_{p=1}^{p=q} (2p-1)\,x_{2p-1}} \right] \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) \\
& \qquad - 2k \frac{\partial^2 \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{m-1}\, \partial x_m} + (2m-1) \frac{\partial \mathrm{I}_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)}{\partial x_{2m-1}} = 0
\end{aligned}
$$

avec $m = 1, 2, 3, \ldots, (q-2), (q-1), q$.

Si le nombre des variables $n = 2q - 1$ est impair, on obtient de la même manière $q - 1$ équations d'indice r pair et q équations d'indice r impair. Ces équations diffèrent peu des précédentes.

En nous bornant à ces indications générales, nous remarquerons que l'on peut se servir aussi des expressions (A) et (B) pour former les équations correspondant à n impair. Comme il est facile de le voir, on trouve

dans ce cas une équation en plus, qui est la conséquence de toutes les autres.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'emploi des dérivées généralisées pour la formation et l'intégration de certaines équations différentielles linéaires.* Note de M. J. **Kampé de Fériet**, présentée par M. P. Appell.

I. Dans une Note précédente [1], j'ai montré que, en appliquant l'opération $D^{(-\lambda)}$ à l'équation différentielle (dont les coefficients sont des polynomes) :

$$(\mathcal{E}) \qquad P_p u^{(p)} + P_{p-1} u^{(p-1)} + \ldots + P_0 u = 0,$$

on obtient *une équation linéaire et homogène* $(\mathcal{E}')$ pour la fonction

$$y(x) = D^{(-\lambda-n)} u(x),$$

en supposant, toutefois, que $u(x)$ s'annule ainsi que ses $p-1$ premières dérivées pour $x=0$; je me propose d'indiquer dans quel cas on peut lever cette dernière restriction.

Quand on calcule la dérivée généralisée $D^{(-\lambda)}$ de $(\mathcal{E})$, $u(x)$ étant quelconque, on aboutit encore pour $y(x)$ à une équation linéaire $(\mathcal{E}')$, mais qui $\left[\text{à cause des termes supplémentaires de la formule d'interversion [2] des symboles } D^{(-\lambda)} \text{ et } \frac{d^k}{dx^k}\right]$ possède comme deuxième membre la fonction

$$F(x) = \sum_{m=1}^{m=p} \frac{x^{\lambda-m}}{\Gamma(\lambda-m+1)} G_m(0),$$

où l'on a posé

$$G_m(x) = \sum_{j=0}^{j=p-m} A_{j,m}(x)\, u^{(p-m-j)}(x) \qquad (m=1, 2, \ldots, p),$$

les coefficients de ces p formes différentielles linéaires en $u(x)$ étant des combinaisons linéaires des polynomes $P(x)$ et de leurs dérivées [3] :

$$(-1)^j A_{j,m}(x) = K_m^j P_p^{(j)}(x) - K_m^{j-1} P_{p-1}^{(j-1)}(x) + \ldots \pm K_m^0 P_{p-j}(x).$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 569.
[2] Note citée, formule (3).
[3] K_m^j désignant le nombre des combinaisons complètes de m lettres j à j.

Ceci étant, *pour que l'équation* ($\mathcal{E}'$) *en* $y(x)$ *soit homogène, il faut et il suffit que*

$$G_1(0) = G_2(0) = \ldots = G_p(0) = 0.$$

Or, en dehors du cas déjà envisagé (¹) :

$$u(0) = u'(0) = \ldots = u^{(p-1)}(0) = 0,$$

ces conditions sont encore évidemment satisfaites si $[u(0), u'(0), \ldots, u^{(p-1)}(0)$ étant seulement finies$]$ *on a*

$$A_{j,m}(0) = 0 \qquad \begin{pmatrix} j = 0, 1, \ldots, p-m \\ m = 1, 2, \ldots, p \end{pmatrix};$$

ce qui donne $p(p+1):2$ équations linéaires entre les valeurs, pour $x = 0$, des polynomes $P(x)$ et de leurs dérivées [jusqu'à l'ordre $k-1$ pour $P_k(x)$].

Si les équations $A_{j,m}(0) = 0$ sont vérifiées, ($\mathcal{E}'$) est homogène comme ($\mathcal{E}$), et si l'on connaît q intégrales de ($\mathcal{E}$) : $u_1, \ldots, u_q$, finies ainsi que leurs $p-1$ premières dérivées pour $x = 0$, la fonction

$$y(x) = a_1 D^{(-\lambda-n)} u_1(x) + \ldots + a_q D^{(-\lambda-n)} u_q(x)$$

est une intégrale de ($\mathcal{E}'$); notamment, quand $n = 0$, ($\mathcal{E}'$) étant alors d'ordre p comme ($\mathcal{E}$), si, en outre, $q = p$, $y(x)$ est l'intégrale générale (²) de ($\mathcal{E}'$).

II. Lorsque ($\mathcal{E}$) est du second ordre, les conditions $A_{j,m}(0) = 0$ se réduisent à

$$P_2(0) = 0, \qquad P_2'(0) - P_1(0) = 0.$$

Elles sont notamment réalisées pour l'équation

$$(\mathcal{E}) \qquad x u'' + u' + u = 0$$

dont une intégrale est la fonction de Bessel :

$$u(x) = J_0(2\sqrt{x}) = \sum_0^{+\infty} (-1)^n \frac{x^n}{(1, n)^2} \qquad [u(0) = 1, \quad u'(0) = -1].$$

L'équation qui s'en déduit par l'opération $D^{(-\lambda)}$

$$(\mathcal{E}') \qquad x y'' - (\lambda - 1) y' + y = 0$$

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 569.

(²) La condition $n = 0$ exige que le degré de P_{p-k} soit au plus égal à $p - k$ ($k = 0, 1, \ldots, p$).

est donc vérifiée (d'après ce qui précède) par

$$y(x) = D^{(-\lambda)} u(x) = \frac{x^\lambda}{\Gamma(\lambda+1)} \sum_0^{+\infty} \frac{(-1)^n}{(1,n)} \frac{x^n}{(\lambda+1,n)};$$

cette solution de $(\mathcal{E}')$ s'exprimant aussi par une fonction de Bessel, on peut écrire

$$y(x) = D^{(-\lambda)}[J_0(2\sqrt{x})] = x^{\frac{\lambda}{2}} J_\lambda(2\sqrt{x}).$$

De cette expression de J_λ, on peut d'ailleurs rapprocher celle-ci, plus commode pour étudier ses propriétés, à certains points de vue :

$$\sqrt{\pi}\left(\frac{x}{2}\right)^\lambda J_\lambda(x) = \cos x \, D^{\left(-\lambda-\frac{1}{2}\right)}\left[x^{\lambda-\frac{1}{2}} \cos 2x\right] + \sin x \, D^{\left(-\lambda-\frac{1}{2}\right)}\left[x^{\lambda-\frac{1}{2}} \sin 2x\right].$$

III. En utilisant les dérivées partielles généralisées (¹), ces résultats s'étendent *aux systèmes d'équations linéaires aux dérivées partielles*, à coefficients rationnels. Par exemple, si l'on part de $u(x,y) = x^\rho y^\sigma (1-x-y)^{\tau-\rho-\sigma}$, qui vérifie le système

$$(\mathcal{E}_1) \qquad x(1-x)\frac{\partial u}{\partial x} - xy\frac{\partial u}{\partial y} - (\rho - \tau x)u = 0,$$

$$(\mathcal{E}_2) \qquad y(1-y)\frac{\partial u}{\partial y} - xy\frac{\partial u}{\partial x} - (\sigma - \tau y)u = 0,$$

en appliquant à $(\mathcal{E}_1)$ et $(\mathcal{E}_2)$, respectivement, les opérations $D^{(-\lambda-\mu-1)}_{x^{-\lambda}\, y^{-\lambda-1}}$ et $D^{(-\lambda-\mu-1)}_{x^{-\lambda-1}\, y^{-\mu}}$, on obtient

$$x(1-x)\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} - xy\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} + [-(\lambda+\rho) + (\lambda+\omega)x]\frac{\partial z}{\partial x} + \lambda y \frac{\partial z}{\partial y} - \lambda(\omega+1)z = 0,$$

$$y(1-y)\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} - xy\frac{\partial^2 z}{\partial x\, \partial y} + [-(\mu+\sigma) + (\mu+\omega)y]\frac{\partial z}{\partial y} + \mu x \frac{\partial z}{\partial x} - \mu(\omega+1)z = 0$$

$$(\omega = \lambda + \mu + \tau + 1),$$

où l'on a posé

$$z(x,y) = D^{(-\lambda-\mu-2)}_{x^{-\lambda-1}\, y^{-\mu-1}} u(x,y).$$

Par un choix convenable des paramètres, ces équations en z s'identifient avec le système rencontré par M. Appell dans l'étude de la fonction hyper-

---

(¹) Pour leur définition et leurs principales propriétés, voir un Mémoire de M. P. Montel, *Sur les polynomes d'approximation* (*Bull. Soc. math.*, t. 46, p. 172).

géométrique de deux variables F_2. Ce résultat s'explique par le fait que

$$F_2(\alpha, \alpha', \beta, \gamma, \gamma', x, y) = \frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma')}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\alpha')} x^{1-\gamma} y^{1-\gamma'} D^{\alpha-\gamma+\alpha'-\gamma'}_{x^{\alpha-\gamma} y^{\alpha'-\gamma'}} [x^{\alpha-1} y^{\alpha'-1}(1 - x - y)^{-\beta}],$$

comme on s'en assure en partant de son expression sous forme d'une intégrale double.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'étude macrographique de la propagation du refroidissement à l'intérieur d'un lingot d'acier à partir de sa solidification.* Note ([1]) de MM. **Descolas** et **Prétet**, présentée par M. G. Charpy.

Les essais macrographiques ordinaires (attaque au réactif cuprique ou à l'acide sulfurique dilué) font ressortir la succession des diverses zones structurales qui prennent naissance pendant la solidification de l'acier coulé en lingotière métallique ou en moule de sable. Par la comparaison de l'importance relative de ces différentes zones, ils sont susceptibles de permettre l'appréciation des écarts qui peuvent exister, d'un lingot à l'autre de même type, dans la vitesse moyenne du refroidissement du métal liquide; mais, ils ne renseignent pas sur la progression du refroidissement à l'intérieur du lingot, dont la connaissance est indispensable pour l'étude du tracé le plus convenable à adopter pour la lingotière et la masselotte. Nous donnons, dans la présente Note, une méthode d'attaque qui a précisément pour but de combler cette lacune, car elle donne, dans la section du lingot brut de coulée, le tracé de lignes orthogonales aux surfaces de solidification du métal.

Lorsqu'on attaque légèrement à l'acide sulfurique au $\frac{1}{5}$ la surface soigneusement rabotée ou polie d'un échantillon d'acier qui a été porté au préalable à une température supérieure à ses points de transformation, puis refroidi à la température ordinaire, on constate qu'un lavage à l'eau laisse apparaître des taches brillantes d'aspect nacré dont la superficie croît avec la température du recuit et avec la lenteur du refroidissement; lorsque la température maxima atteinte se rapproche de la température de fusion, la fluidité augmentant, les taches sont nettement dirigées, et, lorsqu'on examine une surface suffisante, elles apparaissent comme groupées en lignes qui sont, de toute évidence, normales aux surfaces isothermes réparties dans le métal au début du refroidissement (*fig.* 1).

([1]) Séance du 19 avril 1920.

Un recuit à température légèrement supérieure aux points de transformation du métal, en normalisant le grain, empêche de retrouver ces alignements après nouvelle attaque. Il est donc impossible de les mettre en

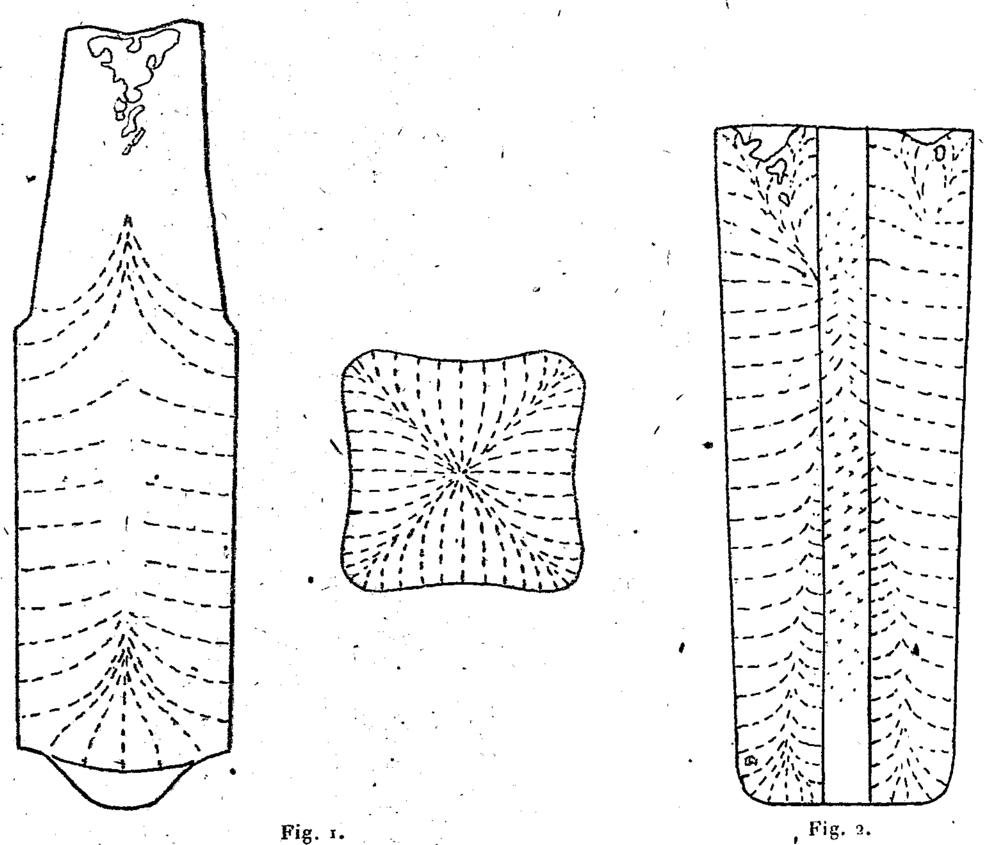


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Sections longitudinale et transversale d'un lingot à masselotte attaquées à l'acide sulfurique étendu. Le pointillé figure le tracé des lignes orthogonales aux surfaces de refroidissement révélées par l'attaque.

Fig. 2. — Section longitudinale, attaquée à l'acide sulfurique étendu, d'un petit lingot d'acier doux coulé en lingotière métallique autour d'une barre en acier extra-doux.

évidence dans les pièces de forge qui ont subi le traitement normal (recuit suivi ou non de trempe et revenu). Mais on peut les faire réapparaître dans ces pièces en les portant à une température élevée (plus de 1400°) et en les laissant refroidir normalement.

La visibilité de ces taches dépend de la nature du métal, elle est meilleure pour l'acier extra-doux que pour l'acier dur. Leur nature explique qu'il en soit ainsi; les grains de l'acier, coupés par le plan de la section à

examiner, donnent après attaque des taches brillantes visibles, sous une incidence convenable, par réflexion de la lumière. L'emplacement des taches varie donc, sur une même surface, suivant l'angle sous lequel on l'examine, mais, l'orientation des grains ne changeant pas, le tracé d'ensemble reste le même, celui de lignes continues de direction bien déterminée. Les taches brillantes correspondent toujours à la présence de ferrite.

Nous pouvons citer, à l'appui de ces dires, les résultats fournis par l'examen d'un lingot obtenu en coulant de l'acier doux dans un moule métallique suivant l'axe duquel on avait disposé au préalable une tige cylindrique d'acier extra-doux de diamètre tel qu'elle ne soit portée à la température de fusion en aucun point (*fig.* 2):

1° Entre les parois de la lingotière et la tige centrale, les lignes orthogonales aux surfaces isothermes montrent en particulier que le refroidissement de l'acier liquide s'est propagé, au bas et au haut du lingot, à la fois à partir de la lingotière et à partir de l'âme centrale, l'effet du refroidissement au contact de cette dernière s'annulant au contraire dans la zone du lingot où l'équilibre thermique entre la barre centrale et le métal voisin s'est établi à une température supérieure à celle de formation des grains.

2° A l'intérieur de cette tige elle-même, on voit les grains brillants croître régulièrement en grosseur à partir des régions les plus froides (extrémités) vers les régions les plus chaudes, pour finir, dans la région portée au voisinage immédiat de la température de fusion, par s'orienter normalement aux surfaces de refroidissement du lingot entier.

Il nous a été donné également d'examiner un échantillon d'acier doux introduit accidentellement dans un gros lingot au moment de la coulée et qui s'est trouvé emprisonné dans la région centrale du lingot après avoir été porté à une température très voisine de la fusion; après attaque, la section de cet échantillon présentait le tracé de lignes nacrées qui étaient rigoureusement dans le prolongement de celles de la masse du lingot qui l'entourait.

Nous signalons enfin que l'attaque à l'acide picrique donne un dessin analogue à celui fourni par l'attaque à l'acide sulfurique, mais moins net. Dans le cas de lingots de fonte, la visibilité des lignes nacrées est parfois possible après simple rupture à froid, sans qu'il soit nécessaire de recourir à un polissage suivi d'attaque.

Nous ajouterons qu'une application de cette méthode de recherche nous

a permis de préciser le mécanisme du fonctionnement de la masselotte et d'en tirer des conclusions particulièrement importantes pour la fabrication des pièces de forge en général.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'intégration de l'équation de Laplace entre deux sphères nonconcentriques.* Note de **M. D. Hondros**, présentée par M. Lippmann.

Les coordonnées. — On sait [1] qu'en mettant

$$r + iz = b\,\frac{1 - e^{\lambda + i\omega}}{1 + e^{\lambda + i\omega}},$$

les courbes $\lambda = \text{const.}$ $(\lambda = -\infty, \ldots, 0, \ldots +\infty)$ représentent dans le plan r, z des circonférences de cercle, qui entourent un des points $r = \pm b$, $z = 0$ et qui se réduisent à ces points pour $\lambda = \pm\infty$.

De même, les courbes $\omega = \text{const.}$ $\left(\omega = -\frac{\pi}{2}, \ldots, 0, \ldots +\frac{\pi}{2}\right)$ représentent des arcs de cercle orthogonaux aux circonférences $\lambda = \text{const.}$ et aboutissant aux mêmes points $r = \pm b$, $z = 0$, et qui couvrent tout le demi-plan $z \leq 0$.

Pour $\omega = -\frac{\pi}{2}$, l'arc se réduit à la partie de l'axe des r, qui se trouve entre les deux points $r = \pm b$, $z = 0$; pour $\omega = +\frac{\pi}{2}$, nous avons les deux parties de l'axe des r extérieur à ces deux points.

L'élément d'arc est donné par la relation

$$(1) \qquad ds^2 = dr^2 + dz^2 = \frac{4b^2 e^{2\lambda}}{(1 + 2e^{\lambda}\cos\omega + e^{2\lambda})^2}\,\{d\lambda^2 + d\omega^2\}.$$

Nous notons encore la valeur de z dans le demi-plan considéré

$$(2) \qquad -z = \frac{2be^{\lambda}\sin\omega}{1 + 2e^{\lambda}\cos\omega + e^{2\lambda}}.$$

En faisant tourner le demi-plan autour de l'axe des r et en désignant par φ l'angle qu'il forme avec la position initiale, on obtient un système de coordonnées curvilignes orthogonales :

$$\lambda = -\infty \ldots 0 \ldots +\infty, \qquad \omega = -\frac{\pi}{2} \ldots 0 \ldots +\frac{\pi}{2}, \qquad \varphi = 0 \ldots 2\pi.$$

---

[1] RIEMANN, *Ges. math. W. Leipzig*, 1892, p. 443.

Les surfaces $\lambda =$ const. sont des sphères non concentriques entourant un des points $r = \pm b$, $z = 0$, et qui se réduisent à ces deux points pour $\lambda = \pm \infty$. La surface $\lambda = 0$ représente le plan $r = 0$.

Transformation de l'équation $\Delta\Phi = 0$. — On a, dans les coordonnées r, z, φ :

$$\Delta\Phi = \frac{1}{z}\frac{\partial z \frac{\partial \Phi}{\partial z}}{\partial z} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{z^2}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2}$$

ou

$$\sqrt{-z}\,\Delta\Phi = \frac{\partial^2 \sqrt{-z}\,\Phi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \sqrt{-z}\,\Phi}{\partial z^2} + \frac{1}{z^2}\frac{\partial^2 \sqrt{-z}\,\Phi}{\partial \varphi^2} + \frac{\sqrt{-z}\,\Phi}{4z^2}.$$

En mettant

$$\sqrt{-z}\,\Phi = \psi,$$

l'équation $\Delta\Phi = 0$ devient

$$z^2\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2}\right) + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} + \frac{\psi}{4} = 0.$$

Nous transformons cette équation pour passer aux coordonnées λ, ω, φ en faisant usage des relations (1), (2) et nous obtenons

$$\sin^2\omega\left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial \lambda^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \omega^2}\right) + \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} + \frac{\psi}{4} = 0.$$

Nous essayons d'intégrer cette équation en mettant

$$\psi = e^{m\lambda + in\varphi}\,\mathrm{Y},$$

où Y est fonction de ω seulement, et nous trouvons, pour Y, l'équation différentielle

$$\sin^2\omega\,\frac{d^2\mathrm{Y}}{d\omega^2} + \left(m^2\sin^2\omega - n^2 + \frac{1}{4}\right)\mathrm{Y} = 0,$$

qui, en mettant $\sin\omega = x$, est transformée en la suivante

$$(1 - x^2)\frac{d^2\mathrm{Y}}{d\log x^2} - \frac{d\mathrm{Y}}{d\log x} - \left(n^2 - \frac{1}{4} - m^2 x^2\right)\mathrm{Y} = 0$$

ou, en mettant encore $x^2 = \varepsilon$,

$$4(1 - \varepsilon)\frac{d^2\mathrm{Y}}{d\log \varepsilon^2} - 2\frac{d\mathrm{Y}}{d\log \varepsilon} - \left(n^2 - \frac{1}{4} - m^2\varepsilon\right)\mathrm{Y} = 0.$$

Réduction à l'équation hypergéométrique. — On peut réduire l'équation ci-dessus à l'équation hypergéométrique en mettant

$$\mathrm{Y} = e^{\frac{\nu}{2}}\mathrm{E}, \qquad \nu = n + \frac{1}{2}.$$

On a alors

$$(1-\varepsilon)\frac{d^2E}{d\log\varepsilon^2}+\left(\nu-\frac{1}{2}-\nu\varepsilon\right)\frac{dE}{d\log\varepsilon}+\frac{m^2-\nu^2}{4}\varepsilon E=0,$$

et cette équation devient identique à l'équation hypergéométrique normale

$$(1-\varepsilon)\frac{d^2E}{d\log\varepsilon^2}+[\gamma-1-(\alpha+\beta)\varepsilon]\frac{dE}{d\log\varepsilon}-\alpha\beta\varepsilon E=0,$$

si l'on met

$$2\alpha=n+m+\frac{1}{2},\qquad 2\beta=n-m+\frac{1}{2},\qquad \gamma=n+1.$$

La solution de l'équation $\Delta\Phi=0$ est donc, dans les coordonnées λ, ω, φ,

$$\Phi=A\binom{\sin}{\cos}n\varphi\, e^{m\lambda}(e^\lambda+2\cos\omega+e^{-\lambda})^{\frac{1}{2}}\sin^n\omega\, E(\sin^2\omega)$$

ou bien

$$\Phi=A\binom{\sin}{\cos}n\varphi\binom{\sin hm\lambda}{\cos hm\lambda}(e^\lambda+2\cos\omega+e^{-\lambda})\sin^n\omega\, E(\sin^2\omega),$$

où E est une intégrale de l'équation différentielle hypergéométrique et A une constante arbitraire.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les propriétés des écrans renforçateurs vis-à-vis des spectres de rayons X et sur un dédoublement de la ligne bêta du spectre K du tungstène.* Note de M. **Maurice de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

I. Les écrans renforçateurs employés en Radiographie agissent par l'intermédiaire de deux groupes de radiations émis sous l'influence des rayons X qu'ils reçoivent; le premier groupe comprend les rayons secondaires (rayons X secondaires et rayons bêta secondaires) excités dans la couche active de l'écran; c'est là un phénomène *atomique*, qui ne dépend que des éléments présents dans l'écran et non de leur état physique ou chimique.

Le second groupe comprend les radiations lumineuses, qui permettent la radioscopie et qui agissent sur les plaques photographiques, en raison de la proportion de lumière violette ou bleue qu'elles contiennent; ce phénomène, comme en général les phénomènes de phosphorescence, est sous la dépendance de nombreux facteurs, état chimique et cristallin, impuretés jouant un rôle considérable, etc.; ce n'est aucunement un phénomène atomique.

Les deux groupes contribuent au renforcement; mais l'effet du second est, en général, tout à fait prédominant. Ils tirent leur origine de l'énergie

empruntée aux rayons X incidents, or on sait que l'absorption des rayons X est, pour la plus grande part, un phénomène atomique sélectif, prenant place dans des bandes d'absorption ([1]) bien connues; que va-t-il arriver si l'on enregistre un spectre continu de rayons X sur une plaque munie d'un écran renforçateur? Prenons le cas d'une pellicule photographique adossée à l'écran, couche contre couche, de façon que les rayons traversent d'abord l'émulsion de bromure d'argent.

Si l'écran est constitué par une simple feuille de métal, une feuille d'étain par exemple, sans fluorescence lumineuse et n'émettant que des rayons secondaires du premier groupe, on enregistre un renforcement faible, mais net, qui fait apparaître une couche d'argent réduit marquant en noir la bande d'absorption de l'étain; ce n'est du reste pas autrement que se produisent les bandes de l'argent et du brome dans les photographies de spectres.

Wagner a fait l'expérience avec l'étain, j'ai eu l'occasion de constater plusieurs fois les effets de ce genre; Hodgson, sans étudier de spectre, a également noté le renforcement général dû à une feuille de platine ou d'or. La bande ainsi enregistrée est la bande K; si le phénomène n'était pas si faible, on obtiendrait aussi les bandes L.

Mais, nous venons de le dire, ce n'est là que la partie la plus faible du renforcement, négligeable devant l'effet de la fluorescence lumineuse des écrans. Comment se comporte l'efficacité d'un écran fluorescent au tungstate de calcium ou de cadmium, par exemple, en fonction de la longueur d'onde?

J'ai fait quelques recherches sur ce point et j'ai abouti aux résultats suivants :

a. L'effet de renforcement augmente très vite avec la pénétration des rayons; à peine perceptible pour la partie moyenne des rayons L du tungstène ($\lambda = 1,25$ Ångström), il devient assez net vers 1 Ångström, et croît ensuite très rapidement sans discontinuité brusque jusqu'à la bande du tungstène ($\lambda = 0,179$ Ångström) où se produit un accroissement subit et très considérable du pouvoir renforçateur; on le voit très bien avec un tube à anticathode de platine; *l'excitation lumineuse de l'écran est donc elle-même sous la dépendance de la bande d'absorption du métal lourd (tungstène dans le tungstate de calcium) que l'écran contient*. Ceci est à rapprocher

([1]) Barkla, de Broglie, Wagner, etc.

du fait observé par Hodgson, en étudiant le spectre de la lumière de fluorescence, que ce spectre paraît se modifier quand les rayons X proviennent d'un tube à potentiel élevé.

b. Avec l'écran au tungstate de cadmium, on n'aperçoit pas de renforcement sélectif dû au cadmium.

c. Il résulte de l'exagération du renforcement pour les courtes longueurs d'onde, que, dans un spectre recueilli avec écran renforçateur, l'influence des spectres d'ordre supérieur qui se superposent en un point de la plaque est elle-même très exagérée au point de masquer le spectre du premier ordre dès que la longueur d'onde devient un peu notable. Pour étudier correctement le renforcement en un point d'un spectre, il faut éviter les fonds continus d'ordre supérieur, en opérant à basse tension ou en employant des rayons secondaires.

d. On peut voir également que l'action de l'écran renforçateur tend à masquer les bandes sélectives du brome et de l'argent de l'émulsion, cela pour plusieurs raisons simples que je ne développe pas ici.

II. On sait que la série K des raies du tungstène renferme quatre raies désignées fréquemment par α_2, α_1, β_1 et β_2 dans l'ordre des longueurs d'onde décroissantes.

J'ai pu obtenir un spectre K avec une grande dispersion et un pouvoir séparateur élevé, tels par exemple que, dans le second ordre, l'écart des raies α_1 et α_2 se mesure, sur le cliché obtenu directement, par une longueur de plus de 5^{mm} (distance de l'axe du cristal au plan de la plaque 1425^{mm}).

Dans ces conditions, la ligne β_1 ($\lambda = 0,1844$ Angström) se dédouble très nettement en deux composantes écartées de $0^{mm},75$, celle de plus grande longueur d'onde étant la plus faible; c'est un fait que la théorie de Sommerfeld pouvait faire prévoir; Siegbahn l'avait observé (¹) pour quelques éléments voisins du nombre atomique 25 (fer, nickel, manganèse); on voit que le phénomène se retrouve pour le tungstène pour lequel le nombre atomique atteint 74.

L'écart des deux composantes, intéressant à rapprocher des prévisions théoriques, donne (avec une précision de l'ordre de 10 pour cent)

$$\Delta\lambda = 0,0007 \text{ Angström}.$$

Il est peu probable que cette raie puisse provenir d'une impureté, car ce

(¹) *Phil. Mag.*, juin 1919.

ne pourrait guère être que le platine, dont le spectre L du tube considéré ne présente aucune trace.

III. A propos d'une remarque qui termine ma Note du 24 novembre 1919, je tiens à dire qu'un dispositif ayant un but analogue (éviter le voile diffus) a été décrit, pendant la guerre, par M. Wagner.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactions réversibles de l'eau sur le tungstène et les oxydes du tungstène.* Note [1] de M. **Georges Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Regnault [2], puis Riche [3] ont montré, en faisant passer un courant de vapeur d'eau sur du tungstène chauffé au rouge, que ce métal était oxydé. En prolongeant suffisamment la durée de leurs expériences, ils obtenaient de l'anhydride tungstique TuO^3.

En vase clos, la réaction est limitée par la réduction de l'oxyde formé; il existe en outre, avant d'arriver au terme ultime de l'oxydation du tungstène TuO^3, une série d'équilibres admettant comme phases solides les oxydes intermédiaires.

Nous avons étudié ces différents systèmes en mesurant, par une méthode déjà indiquée [4], la constante $K = \frac{pH^2O}{pH^2}$, à différentes températures comprises entre 600° et 1100°.

Un poids connu d'anhydride tungstique TuO^3 est placé dans l'appareil de mesure et nous introduisons successivement des volumes connus d'hydrogène; après chaque réduction, l'équilibre étant obtenu, nous mesurons les valeurs de $K = \frac{pH^2O}{pH^2}$ à différentes températures; le volume d'hydrogène nous donne la composition du mélange des deux phases solides définissant le système étudié.

Le Tableau suivant résume nos mesures.

Nous partions de 1^g de TuO^3, la réduction complète exige

$$6 \times \frac{22400}{464} = 6 \times 48^{cm^3} \text{ d'hydrogène,}$$

---

(1) Séance du 26 avril 1920.

(2) *Ann. Ch. et Ph.*, 2e série, t. 62, 1836, p. 352.

(3) *Ann. Ch. et Ph.*, 3e série, t. 50, 1857, p. 2.

(4) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 237.

nous posons

$$1\,V = 48^{cm^3} \text{ d'hydrogène.}$$

Volumes de H^2 introduits dans l'appareil.	Composition du mélange des deux oxydes.	Valeurs de $K = \frac{p\,H^2O}{p\,H^2}$ aux températures indiquées. 700°.	750°.	800°.	900°.	925°.	1020°.	1030°.
O	Tu^2O^6							
$\frac{V}{5}$		»	»	8	12	»	»	»
$\frac{V}{2}$		»	»	»	10	»	»	»
$\frac{4V}{5}$		»	»	6	»	»	»	»
1 V	Tu^2O^5							
$1 + \frac{V}{5}$		»	1,2	1,3	»	1,6	2,8	»
$1\,V + \frac{4V}{5}$		»	»	1,32	»	1,54	»	»
2 V	Tu^2O^4							
3 V		»	»	0,62	»	»	»	»
4 V		»	»	»	0,76	»	»	»
5 V		»	»	0,61	»	»	»	»
6 V	Tu^2	0,52	0,56	0,63	0,78	»	»	1

Toutes ces valeurs de K ne sont pas obtenues avec la même précision; $p\,H^2O$ avait pour valeur moyenne 12^{mm}, il en résulte que les tensions d'hydrogène du premier système varient entre 1^{mm} et 2^{mm}, ce qui est de l'ordre des erreurs d'expérience.

Si nous portons en abscisses les différentes valeurs de $\frac{1}{T}$ et en ordonnées les log K correspondants, nous obtenons trois droites sensiblement parallèles; nous pouvons calculer les chaleurs de réaction à la température de 850° par exemple, soit L_{850} cette chaleur de réaction exprimée en grandes calories; en prenant les logarithmes vulgaires de K_1 et K_2, on a :

$$L = -4,6 \frac{(\log K_1 - \log K_2) T_1 T_2}{T_1 - T_2};$$

on obtient, pour la première réaction réversible :

$$Tu + 2H^2O \rightleftharpoons TuO^2 + 2H^2 + L_{850} \qquad (L_{850} = 4,4 \times 2);$$

pour la seconde :

$$2TuO^2 + H^2O \rightleftharpoons Tu^2O^5 + H^2 + L_{850} \qquad (L_{850} = 4).$$

CHIMIE. — *Sur le rhodium colloïdal.* Note (¹) de MM. C. **Zenghelis** et **B. Papaconstantinou**, présentée par M. Georges Lemoine.

On a remarqué que le rhodium finement divisé a une activité catalytique assez considérable, mais elle n'a été qu'insuffisamment étudiée. Il nous a donc paru intéressant de le préparer sous la forme colloïdale pouvant donner des solutions assez concentrées pour étudier son action catalytique.

Comme le rhodium ne se laisse attaquer que très peu par les acides ou l'eau régale à l'état métallique compacte, nous l'avons d'abord, d'après Deville, allié au zinc. L'alliage ainsi obtenu fut attaqué par l'acide chlorhydrique pour éliminer le zinc non allié, et ensuite par l'eau régale. Après avoir éliminé les acides par évaporation, le rhodium fut précipité par l'acide formique dans une solution de formiate de soude.

Ayant ainsi obtenu le rhodium métallique, nous l'avons mélangé avec une quantité proportionnée de chlorure de sodium dans un courant de chlore, lui ayant ainsi donné la forme soluble du sel $Na^6Rh^2Cl^{12}$.

A la solution légèrement alcaline, nous avons ajouté une solution de soude protalbinique et nous avons ensuite fait réagir différents réducteurs, tels que le sulfate d'hydrazine avec de la soude caustique, l'hydrazine hydratée, l'hydrogène gazeux, l'hydrogène préparé par l'amalgame de sodium et l'aldéhyde formique.

(¹) Séance du 19 avril 1920.

Avec les quatre premiers procédés nous n'avons obtenu que du rhodium en poudre ou à l'état colloïdal très dilué. C'est l'aldéhyde formique qui nous a donné des résultats tout à fait satisfaisants.

La réduction par l'hydrogène gazeux se fait très lentement et graduellement; la couleur rosée se change d'abord en jaune, lequel brunit peu à peu et devient à la fin noire. Castoro (¹) rapporte qu'en se servant de l'alcool allylique ou de l'acroléine, il a obtenu une solution jaune ou jaune verdâtre jusqu'au jaune brun. D'après la réduction précitée par l'hydrogène gazeux, nous pensons que ce produit provient d'une réduction incomplète sous la forme de sous-oxyde colloïdal.

Avec l'amalgame de sodium la réduction se fait assez vite et régulièrement, mais comme il se forme en même temps de l'amalgame de rhodium, nous avons préféré la réduction faite avec l'aldéhyde formique. Elle se fait à la température de 40° en solution légèrement alcaline. On obtient ainsi assez vite le rhodium en solution colloïdale claire. Après l'épuration par une dialyse prolongée et dessiccation à vide, on obtient des lamelles noir d'ébène très brillantes. Ce corps est très stable. Les solutions sont restées inaltérables pendant presque deux ans. Les cristaux contenaient 33 pour 100 de rhodium.

Quantité d'hydrogène absorbé. — La détermination fut soigneusement exécutée avec la burette de Winkler communiquant avec un vase d'absorption, dans lequel se trouvaient 10^{cm^3} de la solution de rhodium.

Cette solution dont nous nous sommes servis contenait dans les deux premières déterminations $0^g,01$ de rhodium, dans les deux dernières $0^g,065$; l'absorption a duré 24 heures.

Après la réduction à 0° et 760^{mm} et la soustraction des quantités d'hydrogène nécessaires à la combinaison avec l'oxygène dissous dans l'eau et dans le colloïde et celle de l'hydrogène dissous dans la solution, nous avons obtenu des quantités qui, relativement au volume de rhodium contenu, présentent des volumes 2509, 2960, 2510, 2728 fois plus grands. Il s'ensuit que le rhodium colloïdal possède, avec le palladium colloïdal, la plus grande capacité d'absorption pour l'hydrogène.

Quantité d'oxyde de carbone absorbé. — Nous l'avons déterminée avec le même appareil, dans les mêmes conditions et après les mêmes corrections.

(¹) *Central Blatt.*, t. 2, 1904, p. 938.

La solution colloïdale (8^{cm^3}) contenait $0^g,0029$ de rhodium métallique. A la température du laboratoire (12°-14°), le rhodium absorba en 24 heures une quantité d'oxyde correspondant à 346 fois son volume. Une autre détermination, faite à la température de 60°, nous donna un volume plus que cinq fois plus grand, soit 1820; ce qui démontre que l'oxyde de carbone absorbé se trouve très probablement chimiquement combiné avec le rhodium.

Action catalytique de la solution colloïdale pour la synthèse de l'ammoniac. — L'un de nous ([1]) a effectué la synthèse de l'ammoniac, à partir de ses éléments, par l'intervention de différentes solutions colloïdales des métaux (Pt, Pd, Au, Ag, Cu, etc.).

Nous avons opéré dans les mêmes conditions en faisant passer un mélange de 3^{vol} d'hydrogène et 1^{vol} d'azote dans 5^{cm^3} d'une solution faiblement alcaline de rhodium à 0,1 pour 100. Résultats obtenus :

Quantité de rhodium contenu : $0^g,0017$.

Durée de la réaction.	Volume du mélange qui a passé.	Température.	Ammoniac produit.
	cm³	°	cm³
90 minutes	2100	90	0,8 $\frac{N}{100}$
60 »	1500	90	0,8 »
240 »	4400	90	3,2 »
9 heures	8200	40	1,3 »

La quantité d'ammoniac produit paraît minime; pourtant, il faut considérer que la quantité de rhodium contenu est minime relativement aux essais précédents, faits avec le platine et le palladium colloïdal ([2]), et que la solution était faiblement alcaline, tandis que, avec les autres métaux, on n'avait eu des résultats satisfaisants qu'en prenant une solution acide.

Comme notre rhodium colloïdal tombe sous forme de poudre aussitôt que la solution devient acide, nous avons essayé de préparer une solution acide en ajoutant de l'acide tartrique très dilué avec du tartrate de potasse.

De cette façon, nous sommes parvenus à conserver la solution, durant la réaction, à l'état colloïdal. Nous avons eu les résultats suivants :

([1]) ZENGHELIS, *Sur la synthèse de l'ammoniac* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 914).

([2]) ZENGHELIS, *loc. cit.*

Quantité de rhodium contenu : 5cm³, contenant 0,585 pour 100 de rhodium m.

Acide tartrique ajouté.	Tartrate de potasse ajouté.	Durée de la réaction.	Température.	Volume du mélange passé.	Ammoniac produit.
cm³	cm³	min	°	lit	cm³
2 $\frac{N}{100}$	1 $\frac{N}{100}$	90	90	2	7,6 $\frac{N}{100}$
1 »	1 »	60	90	2,3	12,3 »
1 »	1 »	90	90	3	16,64 »

Les résultats ci-dessus ont été obtenus en faisant la correction due à la quantité minime d'ammoniac, produite par l'acide *protalbinique* seul, sans le rhodium, correction qui s'élève à peine à 0cm³,2 $\frac{N}{100}$. Cet ammoniac ne provient pas, comme il résulte de mes expériences précédentes faites avec les autres métaux, de la décomposition de l'acide protalbinique, mais de son action catalytique.

CHIMIE. — *Sur l'action des sulfates neutres de méthyle et d'éthyle sur les phosphates alcalins en solution aqueuse.* Note de M. **Octave Bailly**, présentée par M. Ch. Moureu.

I. J'ai montré, dans une Note récente (1), que de même que les phénols sodés réagissent sur les iodures alcooliques pour engendrer les éthers oxydes mixtes alcoylphénoliques, le phosphate neutre de sodium réagit sur les mêmes corps pour donner naissance aux monoéthers orthophosphoriques :

$$PO(ONa)^3 + ICH^3 = PO(O.Na)^2O.CH^3 + NaI.$$

La mise en œuvre de cette réaction conduit même dans le cas des iodures de méthyle et d'éthyle à des rendements très supérieurs à ceux fournis par les trois méthodes de préparation des monoéthers orthophosphoriques antérieurement connues : éthérification directe de l'alcool par l'acide orthophosphorique [méthode de Pelouze (2)], action de l'alcool sur l'oxychlorure de phosphore [méthode de Schiff (3)] et action de l'alcool

(1) O. Bailly, *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 560.
(2) Pelouze, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 2e série, t. 52, 1833, p. 37.
(3) H. Schiff, *Ann. der Ch. und Ph.*, t. 102, 1857, p. 334.

sur l'anhydride phosphorique [méthode de Cavalier ([1])] :

$$PO(OH)^3 + C^2H^5.OH = PO(OH)^2O.C^2H^5 + H^2O,$$
$$POCl^3 + 3CH^3.OH = PO(OH)^2O.CH^3 + 2CH^3Cl + HCl,$$
$$P^2O^5 + 3CH^3.OH = PO(OH)^2O.CH^3 + PO(OH)(O.CH^3)^2.$$

Or, il est bien connu que s'il s'agit de préparer les éthers méthyliques ou éthyliques des phénols, on peut, dans la réaction dont il est fait mention ci-dessus, remplacer avantageusement l'iodure alcoolique par l'éther sulfurique neutre correspondant ([2]). La question se posait donc de voir si cette particularité s'appliquait également à la préparation des monoéthers orthophosphoriques. De plus, l'action alcoylante des sulfates neutres de méthyle et d'éthyle étudiée sur un grand nombre de sels alcalins en solution aqueuse : sels alcalins des acides organiques ([3]), nitrites alcalins ([4]), cyanures alcalins ([5]), iodures, bromures et chlorures alcalins ([6]), sulfures et polysulfures alcalins ([7]), etc., n'a fait, jusqu'à ce jour, l'objet d'aucun travail concernant les phosphates alcalins. Il y avait donc là, en outre, une lacune à combler.

II. L'action, molécule à molécule, du sulfate neutre de méthyle sur le phosphate trisodique a été étudiée sur une solution aqueuse demi-normale de ce sel (une demi-molécule-gramme de sel par litre). Dans ces conditions, et si l'on a soin d'agiter fréquemment le mélange, la réaction a lieu à froid et elle demande quelques minutes à s'effectuer. L'analyse de la liqueur montre qu'il s'est formé, pour une molécule-gramme de phosphate neutre de sodium ou de sulfate de méthyle mise en œuvre :

0,778 mol-gr de méthylphosphate neutre de sodium,
0,062 mol-gr de diméthylphosphate de sodium,

et que le reste du sulfate de méthyle utilisé, soit 9,8 pour 100 de la quantité employée, a été transformé par hydrolyse en méthylsulfate de sodium. La liqueur ne contient pas trace de sulfate de sodium.

([1]) J. Cavalier, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 18, 1899, p. 449.
([2]) F. Ulmann, P. Wenner, *D. ch. G.*, t. 33, 1899, p. 2476.
([3]) A. Werner et Seybold, *D. ch. G.*, t. 37, 1904, p. 3658.
([4]) F. Kaufler et C. Pomeranz, *Mon. f. Ch.*, t. 22, 1901, p. 492.
([5]) Auger, *Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1287.
([6]) R.-F. Weinland et K. Schmid, *D. ch. G.*, t. 38, 1905, p. 2327; Ch. Boulin et L. J. Simon, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 595.
([7]) W. Strecker, *D. ch. G.*, t. 41, 1908, p. 1105.

Les réactions qui donnent naissance au mono et au diéther méthylphosphorique sont, par suite, les suivantes :

$$O=P\begin{matrix}\diagup ONa \\ -ONa \\ \diagdown ONa\end{matrix} + SO^4(CH^3)^2 = O=P\begin{matrix}\diagup ONa \\ -ONa \\ \diagdown OCH^3\end{matrix} + SO^4\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown Na\end{matrix}$$

$$O=P\begin{matrix}\diagup ONa \\ -ONa \\ \diagdown ONa\end{matrix} + 2SO^4(CH^3)^2 = O=P\begin{matrix}\diagup ONa \\ -OCH^3 \\ \diagdown OCH^3\end{matrix} + 2SO^4\begin{matrix}\diagup CH^3 \\ \diagdown Na\end{matrix}.$$

L'extraction du monoéther s'effectue facilement à l'état de sel neutre de baryum avec un rendement voisin de 70 pour 100, alors que l'emploi de l'iodure de méthyle conduit à un rendement de 62,5 pour 100 seulement ([1]). Le sel obtenu répond à la formule $PO(OBaO)(OCH^3) + H^2O$ et ses caractères sont identiques à ceux du sel de baryum antérieurement préparé à partir de la liqueur de réaction de ICH^3 sur PO^4Na^3.

III. Le méthylsulfate de sodium formé dans la réaction ci-dessus ne réagit pas, en solution aqueuse, même à l'autoclave, sur le phosphate neutre de sodium, contrairement à ce qui a lieu avec les phénates alcalins ([2]).

IV. L'action du sulfate neutre d'éthyle sur le phosphate trisodique conduit aussi à un mélange de mono et de diéther éthylphosphorique. Toutefois la réaction est plus difficile qu'avec le sulfate de méthyle et les rendements obtenus sont moins bons. En opérant avec une solution demi-normale de phosphate trisodique, il convient de chauffer à 50° et la réaction demande alors plusieurs heures à s'effectuer au lieu de quelques minutes seulement. L'analyse de la liqueur résultante montre qu'il s'est formé, pour une molécule-gramme de phosphate neutre de sodium ou de sulfate d'éthyle mise en œuvre :

o,455 mol-gr d'éthylphosphate neutre de sodium,
o,o85 mol-gr de diéthylphosphate de sodium,

tandis que le reste du sulfate d'éthyle, soit 37,5 pour 100 de la quantité utilisée a été transformé par hydrolyse en sulfovinate de sodium.

L'extraction du monoéther s'effectue facilement à l'état de sel neutre de calcium $PO(OCaO)(OC^2H^5) + 2H^2O$ avec un rendement voisin de 37 pour 100, inférieur cette fois, au rendement obtenu à partir de l'iodure d'éthyle, soit 42,5 pour 100.

([1]) O. Bailly, *loc. cit.*

([2]) Graebe, *Ann. der Ch.*, t. 340, 1905, p. 207.

V. Les sulfates de méthyle et d'éthyle réagissent aussi sur le phosphate monoacide de sodium PO^4Na^2H en solution aqueuse. La réaction s'effectue facilement dans le cas du sulfate de méthyle. Elle a alors lieu à froid et elle demande à peine une demi-heure à s'accomplir si l'on opère avec une solution demi-normale de phosphate bisodique et si l'on a soin d'agiter constamment le mélange. L'analyse de la liqueur montre que pour une molécule gramme de phosphate monoacide de sodium ou de sulfate neutre de méthyle utilisée, il se forme, dans ces conditions :

0,569 mol.-gr. de méthylphosphate de sodium,
0,150 mol.-gr. de diméthylphosphate de sodium,

tandis que le reste du sulfate de méthyle employé, soit 33,1 pour 100, est transformé en acide méthylsulfurique.

VI. Contrairement au phosphate neutre et au phosphate monoacide de sodium, ni le phosphate biacide de sodium, ni l'acide phosphorique, ne réagissent, en solution aqueuse, sur les sulfates de méthyle et d'éthyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique des acides gras par le carbone.* Note de MM. **J. B. Senderens** et **J. Aboulenc**, présentée par M. G. Lemoine.

L'action du carbone sur les alcools de la série grasse a été étudiée par M. G. Lemoine qui employait la braise de boulanger (1) et par l'un de nous au moyen du noir animal lavé et desséché (2). Nous nous sommes proposé de rechercher comment ce même noir se comportait vis-à-vis des acides gras.

Il importait tout d'abord d'apprécier la résistance de ces acides à l'action directe de la chaleur, qui n'avait été étudiée que dans le cas très spécial de l'acide acétique. Suivant Cahours (3), la vapeur de ce dernier acide accuserait à 440° un commencement de décomposition, tandis que d'après Berthelot (4) cette décomposition ne se produirait qu'au delà du rouge sombre.

(1) G. Lemoine, *Comptes rendus*, t. 144, p. 357 et t. 146, p. 1360.
(2) J.-B. Senderens, *Comptes rendus*, t. 144, p. 381.
(3) Cahours, *Comptes rendus*, t. 19, p. 771 et t. 20, p. 51.
(4) Berthelot, *Ann. Chim. Phys.*, 3e série, t. 33, p. 295 et t. 53, p. 187.

On aurait alors les deux réactions :

(*a*) $CH^3.CO^2H = CO^2 + CH^4$,

(*b*) $2CH^3.CO^2H = CO^2 + CH^3.CO.CH^3 + H^2O$.

En opérant selon la technique adoptée dans nos expériences, nous avons fait couler goutte à goutte l'acide acétique par un tube capillaire dans un tube de verre vide chauffé, par l'intermédiaire d'une rigole garnie de sable fin, sur une grille à analyse, à des températures marquées par un thermomètre placé dans l'intérieur du tube. Nous avons pu ainsi atteindre la température de 460°, sans que le moindre dégagement gazeux indiquât la décomposition de l'acide acétique.

Les acides propionique, butyrique, isobutyrique, isovalérique, portés également à 460°, n'ont donné lieu à aucun dégagement de gaz.

Ces constatations une fois faites, nous avons introduit dans le tube de verre du noir animal du commerce en poudre, préalablement lavé à l'acide et ne laissant à la calcination qu'un très faible résidu de matières siliceuses. Sur ce noir, étalé dans toute la longueur du tube, nous avons fait passer, au moyen du dispositif décrit plus haut, les vapeurs des divers acides. Leur décomposition commence sensiblement aux mêmes températures (330°-340°) et fournit vers 360°-380° un dégagement régulier de gaz dont la composition centésimale est la suivante :

	Acide				
	acétique.	propionique.	butyrique.	isobutyrique.	isovalérique.
Gaz carbonique........	21,5	16,4	16,5	20,6	22,0
Carbures éthyléniques..	»	8,2	13,2	19,0	18,5
Oxyde de carbone......	34,5	40,8	38,5	32,0	31,5
Carbures forméniques...	22,2	24,4	23,8	23,2	23,8
Hydrogène............	21,8	10,2	8,0	5,2	4,2

Les liquides recueillis, formés en majeure partie d'acides ayant échappé à la décomposition, contenaient de l'eau en proportion notable et de faibles quantités de cétones et d'aldéhydes.

Il résulte de ces faits qu'avec le noir animal purifié comme avec la chaleur seule, les acides forméniques se trouvent décomposés d'après les équations (*a*) et (*b*) en CO^2, carbures forméniques RH et des traces de cétones RCOR.

Mais à ces décompositions le noir animal en ajoute d'autres qui fournissent de l'oxyde de carbone, des carbures éthyléniques, de l'hydrogène, et que l'on peut interpréter comme il suit :

On aurait d'abord :

$$(c)\qquad \mathrm{RCO.OH} = \mathrm{CO} + \underset{\text{Alcool.}}{\mathrm{ROH}}.$$

Dans le cas de l'acide butyrique, par exemple :

$$(d)\qquad \mathrm{CH^3-CH^2-CH^2-CO.OH} = \mathrm{CO} + \mathrm{CH^3-CH^2-CH^2OH}.$$

Cet alcool aussitôt formé se décompose sous l'influence catalytique du noir d'après les deux équations :

$$(e)\qquad \mathrm{CH^3-CH^2-CH^2OH} = \underset{\text{Carbure éthylénique.}}{\mathrm{CH^3-CH=CH^2}} + \mathrm{H^2O},$$

$$(f)\qquad \mathrm{CH^3-CH^2-CH^2OH} = \mathrm{H^2} + \underset{\text{Aldéhyde.}}{\mathrm{CH^3-CH^2-CHO}}.$$

Enfin l'aldéhyde, de même que la cétone de l'équation (b), peuvent être décomposées à leur tour en donnant de l'oxyde de carbone et des carbures forméniques.

On se rend ainsi compte de la production des carbures éthyléniques, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, ce dernier ne pouvant être attribué à la réduction de CO^2 par le noir aux températures auxquelles on a opéré, ainsi que nous nous en sommes expérimentalement assurés. On voit aussi que, dans cette interprétation, les carbures forméniques constitueraient un ensemble assez complexe. Et, en effet, leur évaluation par la méthode eudiométrique n'est qu'approximative, et pour déterminer leur proportion par rapport à l'hydrogène qui s'y trouve mêlé, il a fallu absorber ce dernier gaz par l'oxyde d'argent selon la méthode de M. Colson [1].

Les résultats fournis par le noir animal précédent se retrouvent sensiblement avec le noir animal préparé selon la méthode de Bussy (calcination du sang desséché avec le carbonate de potassium et lavage a l'acide).

Quelle peut être l'influence catalytique des matières siliceuses dans le noir animal lavé? Pour répondre à cette question, nous nous sommes adressés au charbon de sucre. Celui-ci s'est montré moins actif que le noir animal, exigeant, pour décomposer les acides, une température beaucoup plus élevée. C'est ainsi qu'il ne commence à agir sur l'acide isobutyrique qu'au voisinage de 500°. Avec les acides acétique et butyrique le dégagement gazeux se produit vers 440° avec la composition suivante :

---

[1] *Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 330.

	Acide acétique.	Acide butyrique.
Gaz carbonique........	25,6	17,0
Carbures éthyléniques..	»	12,8
Oxyde de carbone......	34,0	34,2
Carbures forméniques..	24,8	26,6
Hydrogène............	15,6	9,4

Ces résultats diffèrent trop peu de ceux du noir animal lavé pour qu'on puisse attribuer au faible résidu siliceux que laisse ce dernier une influence appréciable.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Une nouvelle plante à coumarine:* Melittis Melissophyllum *L.* Note de MM. **P. Guérin** et **A. Goris**, présentée par M. L. Guignard.

La coumarine a été signalée jusqu'à présent dans une trentaine de plantes appartenant aux familles les plus variées. Pour ne citer que les espèces indigènes, on sait, depuis longtemps, que c'est à ce principe que la Flouve odorante, les Mélilots et l'Aspérule odorante doivent, après dessiccation, leur odeur agréable.

Chez les Labiées, la coumarine n'a été mentionnée (*Bull. Schimmel*, 1900, 1903, 1904) que dans l'essence des fleurs de Lavande officinale. La plante chez laquelle nous signalons aujourd'hui la présence de ce corps fait partie de la même famille: c'est le *Melittis Melissophyllum* L., commun dans nos bois de la région parisienne, et dont les grandes fleurs à corolle blanche maculée de rouge pourpre font l'admiration de ceux qui la rencontrent.

C'est d'une façon tout à fait fortuite que l'un de nous observait l'existence de coumarine dans cette Labiée, au cours de recherches relatives à l'action de diverses vapeurs sur les végétaux.

A l'état frais, la Mélitte n'offre aucune odeur de coumarine; mais, sous l'influence du chloroforme et de l'éther, cette odeur se développe au bout de deux à trois heures, pour s'accentuer davantage encore, après dessiccation des feuilles soumises à ce traitement, et qui ont pris, dans ces conditions, une teinte vert foncé. Ce n'est qu'après plusieurs jours qu'elle peut être perçue chez les feuilles abandonnées directement à elles-mêmes.

Les feuilles de *Melittis Melissophyllum* L. renfermant de l'émulsine, ainsi qu'il est facile de s'en assurer, les anesthésiques utilisés dans l'expérience ont dû, à n'en pas douter, provoquer la mise en contact du ferment et d'un

autre corps, vraisemblablement un glucoside qui, par dédoublement, a mis en liberté de la coumarine. L'apparition du principe odorant est, en réalité, le résultat d'une véritable plasmolyse (¹).

A la suite de ces observations, l'extraction de la coumarine s'imposait, se trouvant facilitée, d'ailleurs, par la possibilité de nous procurer en abondance la matière première (²).

Une fois soigneusement desséchées, les feuilles pulvérisées sont épuisées par lixiviation avec de l'alcool à 95°. Le liquide d'épuisement, très coloré, est privé de chlorophylle par macération avec du noir animal.

Après filtration, l'alcool est distillé et le résidu aqueux longuement épuisé à l'éther. L'éther distillé laisse un résidu huileux jaune verdâtre, à odeur agréable, qui ne tarde pas à cristalliser.

La masse cristalline est reprise par l'éther de pétrole bouillant qui n'en dissout qu'une certaine partie et qui abandonne, par refroidissement, des cristaux colorés. Une seconde cristallisation dans l'éther de pétrole fournit des cristaux dont l'odeur et le point de fusion (67°-68°) ne laissent aucun doute sur la nature du produit obtenu, qui est bien de la *coumarine*.

La partie insoluble dans l'éther de pétrole est reprise par l'eau à l'ébullition. La solution filtrée laisse déposer, après 12 heures, des cristaux jaunes de quercétine.

En résumé, les feuilles de *Melittis Melissophyllum* L. renferment de la coumarine, vraisemblablement à l'état de glucoside dédoublable par l'émulsine.

BOTANIQUE. — *Note sur la distribution géographique comparée des* Primula officinalis *Jacq.*, Primula grandiflora *Lam. et* Primula elatior *Jacq. dans l'ouest de la France.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Parmi les neuf espèces du genre *Primula* qui croissent en France, trois seulement ont une répartition assez vaste sur le territoire français : *Primula*

(¹) L'action est absolument comparable à celle que Ed. Heckel a obtenue, dans les mêmes conditions, avec diverses plantes à coumarine (*Comptes rendus*, t. 149, p. 829; t. 151, p. 128; t. 152, p. 1825). Les rayons ultraviolets, suivant la méthode de Pougnet (*Comptes rendus*, t. 151, p. 566), conduiraient très certainement à semblable résultat.

(²) Une vingtaine de kilogrammes de mélitte ont pu être récoltés, sans difficulté, sur les coteaux boisés qui, vers le Sud, dominent Lardy (Seine-et-Oise).

officinalis Jacq., *Primula grandiflora* Lam. et *Primula elatior* Jacq. Depuis plusieurs années, à la suite de nombreuses excursions effectuées dans le Massif Breton, au sens où l'entendent les géologues, c'est-à-dire l'ensemble des terrains primaires qui constituent le sous-sol de la Bretagne et des départements limitrophes, mon attention fut attirée sur la répartition des deux seules espèces qui croissent dans ce pays.

De nombreuses observations, effectuées aux environs de Laval, m'ont permis de constater que les *Primula grandiflora* et *P. officinalis* affectaient des stations fort différentes : la première croissant dans les sols assez humides et souvent ombragés; la seconde se plaisant dans les terrains chauds, secs et souvent ensoleillés : conditions de vie un peu contradictoires, on le voit, et qui font que leur hybride se rencontre assez rarement, quoique ces deux espèces puissent se croiser avec la plus grande facilité. Ce fait est bien mis en évidence par la flore des tranchées de chemin de fer en particulier. Souvent, ainsi qu'il arrive sur le « calcaire de Laval », les conditions voulues sont réalisées pour le développement de l'espèce *P. officinalis* qui se rencontre en abondance; mais, par suite de la pente que l'homme a donné artificiellement au sol, certaines parties sont plus humides : soit au sommet de la tranchée, et en descendant, par suite de suintements capillaires; soit à la base, où coule le plus souvent un ruisseau pourvu que cette tranchée soit un peu profonde; aussi voit-on prospérer en ces points le *P. grandiflora* au milieu d'une population de *P. officinalis*. Il en résulte cette conséquence assez curieuse et inattendue, que l'hybride entre ces deux espèces est particulièrement abondant le long des lignes de chemin de fer, ainsi du reste que sur les autres pentes naturelles amenant des modifications circonscrites du régime de l'eau.

En différents points de la Bretagne, j'ai pu constater des phénomènes analogues à ceux observés à Laval, qui me permettent de conclure à leur généralité. Je signalerai toutefois ici que la distribution de ces deux espèces y est assez capricieuse. Ainsi, elles font souvent défaut dans les landes établies sur les « schistes rouges cambriens » ainsi que me le fit jadis remarquer M. Daniel : seul, le *P. grandiflora* peut se rencontrer parfois au bord des ruisseaux, dans les vallées abritées; j'ai constaté récemment leur absence sur les « schistes à Calymène de Vitré » trop secs ou trop compacts pour nourrir le *P. grandiflora*; ils sont trop froids également pour que *P. officinalis* puisse y prospérer.

Bien qu'il ne m'ait pas été donné d'explorer personnellement toutes les contrées, j'ai pu, à l'aide des renseignements fournis par les flores locales,

join à ceux que j'ai relevés en diverses stations, reconstituer, d'une façon plus générale, leur mode de répartition dans l'ouest de la France et en tirer des conclusions qui confirment pleinement les observations faites en des points variés sur un petit espace.

Le *P. officinalis*, très abondant sur les terrains tertiaires ou secondaires du Bassin de Paris, l'est beaucoup moins dès qu'on aborde le Massif Breton. Répandu dans la Mayenne, il est moins fréquent en Ille-et-Vilaine, devient rare dans la Manche et fait presque totalement défaut dans les Côtes-du-Nord. On en trouve peu dans le Finistère. Le Morbihan et la Loire-Inférieure, départements plus méridionaux, sont mieux partagés. Dans l'Orne, l'abbé Letacq l'indique comme accidentel dans le Bocage (on sait qu'on appelle ainsi la partie du département occupée par les terrains primaires). Aimant les sols chauds et plutôt secs, il se localise en Bretagne dans les stations qui lui offrent ces avantages, ce qui a permis à certains auteurs (Lloyd, abbé Letacq) de le considérer comme calcicole, car il est particulièrement développé sur ces terrains, qui, plus souvent que les autres, peuvent présenter les conditions favorables à son développement.

Le *P. grandiflora* est très répandu dans tout le Massif Breton, dont le sol fréquemment argileux et le climat humide lui conviennent parfaitement. Mais dès qu'on s'en éloigne, il devient moins commun, ou même très rare, ne trouvant plus ailleurs l'humidité et le sol qu'affectionne cette espèce. Ainsi, très commune dans la Mayenne, cette primevère est beaucoup moins répandue dans la Sarthe et dans l'Eure-et-Loir, ainsi qu'aux environs de Paris, où sa présence est plutôt exceptionnelle.

Le *P. elatior*, ayant des appétences, opposées à celles du *P. grandiflora*, offre par suite une distribution juste inverse de celle-ci, et d'une manière encore plus nette. Très commune aux environs de Paris, cette primevère se rencontre un peu moins souvent au fur et à mesure que l'on se rapproche du Massif Breton, et au delà du Calvados, de l'Orne, de la Sarthe et du Maine-et-Loire, elle cesse brusquement vers l'Ouest, phénomène remarquable si l'on se souvient que ces départements sont aussi ceux qui forment la limite naturelle du Massif Breton.

Enfin, je ferai remarquer que le *P. elatior* offre un type nettement intermédiaire entre le *P. grandiflora* et le *P. officinalis*, et se rapproche sensiblement de leur hybride. N'est-il pas permis d'y voir, peut-être, une forme jadis issue du croisement naturel de ces deux espèces, et qui se serait maintenue en prenant des caractères adaptatifs propres dans un terrain évidem-

ment très favorable à son développement, et au détriment d'une des deux espèces parentes. Cette hypothèse viendrait confirmer certaines vues exposées jadis par Alphonse de Candolle dans sa *Géographie botanique*.

BOTANIQUE. — *Sur les plantules qui verdissent à l'obscurité.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis les temps, sans doute très lointains, où l'on a constaté que, contrairement à la presque universalité des plantes, quelques espèces verdissent à l'obscurité même la plus absolue, on ne s'est guère occupé de cette chlorophylle obscuricole, sauf pour affirmer (ce qui, d'ailleurs, comme on va le voir, serait à contrôler et à préciser) qu'elle est identique à celle se formant à la lumière. Les traités classiques se bornent, en général, à affirmer (je cite textuellement l'un d'eux) que « *certaines graines* (celles de certaines Conifères), *en germant dans l'obscurité, fournissent des plantes dont la coloration verte est identique à celle de plantes semblables venues à la lumière* ».

Cette affirmation est inexacte, ainsi que j'ai pu facilement le constater en examinant avec soin des plantules de Pin Pignon (*Pinus Pinea*) obtenues, comparativement, les unes à l'obscurité, les autres à la lumière. Les premières ont des cotylédons *vert clair* et un axe hypocotylé presque blanc, ou légèrement verdâtre, avec des traces d'anthocyane dans l'épiderme. Les secondes ont des cotylédons *vert foncé* et un axe hypocotylé d'une forte teinte violacée produite par la chlorophylle de la profondeur vue, par transparence, au travers de l'anthocyane superficielle, qui est abondante. En mettant ces dernières à la lumière, la couleur des cotylédons devient très lentement (au bout d'une vingtaine à une trentaine de jours) un peu plus foncée ou reste telle quelle s'ils sont arrivés au maximum de leur développement; quant aux axes hypocotylés, ils deviennent très roses ou même rouges par suite de la production d'anthocyane dans l'épiderme, tandis que les tissus sous-jacents restent blanchâtres.

A noter accessoirement, bien que cela n'intéresse qu'indirectement le sujet ici abordé, que les cotylédons, qu'ils soient développés à la lumière ou à l'obscurité, ont exactement la même longueur ($5^{cm},5$ environ), c'est-à-dire ne présentent pas de caractères morphologiques d'étiolement, tandis que les axes hypocotylés sont nettement étiolés, ceux à l'obscurité ayant 5^{cm} de long, alors qu'à la lumière cette longueur n'est que de 3^{cm}.

Les faits que je viens de relater peuvent se constater aussi avec les autres espèces de Pins, mais avec plus ou moins d'intensité. C'est ainsi qu'avec le Pin silvestre (*Pinus silvestris*), les cotylédons développés à l'obscurité sont d'un vert si clair qu'on pourrait les ranger dans la catégorie des *verts-jaunes*, alors que ceux développés à la lumière sont *vert foncé*. Au contraire, avec le Pin maritime (*Pinus maritima*), les différences entre les teintes des cotylédons sont assez peu sensibles. Chez ces deux espèces, d'autre part, les axes hypocotylés ne développent presque pas de chlorophylle à l'obscurité et y présentent un allongement sensible dû à l'étiolement, tandis qu'à la lumière ils sont chargés de chlorophylle (surtout vers le sommet) et d'anthocyane (surtout à la base).

De cette série d'observations, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° *Les germinations des Pins obtenues à l'obscurité ne sont pas identiques à celles obtenues à la lumière, ni par leur teinte verte ni par leurs dimensions.*

2° *A la lumière, c'est-à-dire dans les conditions normales, ces germinations renferment deux sortes de chlorophylles, l'une se développant à l'obscurité, l'autre ne se développant qu'à la lumière et s'ajoutant à la précédente.*

3° *La chlorophylle exigeant la présence de la lumière pour se former se développe très lentement, contrairement à celle de la plupart des autres plantes,* qui, ainsi que je l'ai montré dernièrement [1], apparaît assez rapidement.

4° *Les germinations de graines de Pins obtenues à l'obscurité ne présentent de caractères morphologiques d'étiolement* (à part la teinte verte plus clair) *que dans leur axe hypocotylé.*

5° *Le verdissement à l'obscurité est, suivant les espèces, plus ou moins différent de ce qu'il est à la lumière; cette différence est très forte avec le Pin sylvestre, très sensible avec le Pin Pignon, assez faible avec le Pin maritime.*

6° *Chez les germinations de Pins, l'anthocyane se montre abondamment dans l'épiderme des axes hypocotylés exposés à la lumière, tandis qu'elle n'existe qu'à l'état de vagues traces dans celles développées à l'obscurité.*

En résumé, bien que la chose en elle-même n'ait pas une importance capitale, sauf pour ceux qui tiennent à la précision, on peut dire qu'*il est faux de dire que les germinations des Pins verdissent de la même façon à l'obscurité et à la lumière*. C'est ce que je voulais montrer.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 753.

TOXICOLOGIE. — *Mode d'action des gaz de combat utilisés au cours de la guerre* (¹). Note (²) de M. André Mayer, présentée par M. Henneguy.

Les études toxicologiques, faites avant la dernière guerre sur les gaz nocifs, avaient attiré l'attention sur deux catégories de toxiques gazeux : 1° toxiques généraux atteignant toutes les cellules et pouvant déterminer, à certaines concentrations, une mort presque foudroyante par leur action sur le système nerveux : le type en est l'acide cyanhydrique; 2° « poisons du sang » dont le type est l'oxyde de carbone qui provoque l'asphyxie en empêchant l'hémoglobine de jouer son rôle dans le transport de l'oxygène. En fait, l'acide cyanhydrique a bien été employé au cours de la guerre, mais les composés des deux classes que nous venons de rappeler n'ont pas joué le rôle prépondérant et ce sont des corps d'un tout autre mode d'action que les armées ont mis en œuvre. Nous allons les passer rapidement en revue.

Un composé nocif peut agir soit en gênant l'exercice d'une fonction physiologique importante, soit en lésant un appareil indispensable de l'économie. On peut donc classer les corps nocifs d'après leur mode d'action. Mais il faut remarquer que certains composés peuvent être doués de plusieurs propriétés nocives différentes, et appartenir de ce fait à plusieurs catégories.

I. Dès 1915, nous avons pu montrer qu'un grand nombre de corps, très différents les uns des autres par leur composition chimique, cétones bromées,

---

(¹) En novembre 1915, nous avons été chargé de créer, à l'Inspection des études et expériences chimiques, le service d'études physiologiques des corps nocifs utilisés au combat. Bientôt après, l'Académie des Sciences nous désignait pour étudier le mode d'action des substances toxiques mises en œuvre par nos ennemis. Notre service a été établi sur le principe de la division du travail et de la coopération étroite entre physiologistes, histologistes et chimistes. *Toutes les études y ont été faites en commun et ont été le fruit du travail de tous.* Les recherches physiologiques ont été poursuivies en collaboration avec MM. Magne et Plantefol; les études histologiques, avec MM. Fauré-Fremiet et Guieysse; hématologiques, avec M. Jolly; ophtalmologiques, avec M. Mawas; spectroscopiques, avec M. Vlès; chimiques, avec MM. Morel et Hervieu. MM. Muratet et Moreau ont étudié quelques points spéciaux d'histologie. L'expérimentation très étendue à laquelle nous nous sommes livrés, pendant trois ans, a porté sur plus de 16000 animaux, et les résultats en ont été consignés dans plus de 750 Notes et Rapports.

(²) Séance du 19 avril 1920.

chlorosulfate de méthyle, oxychlorure de carbone, chloroformiate de méthyle chloré, chloropicrine, corps auxquels est venu se joindre plus tard l'acroléïne, tuent les mammifères, lorsqu'ils sont inhalés, non pas directement par un effet toxique général, mais indirectement par l'action qu'ils exercent sur l'appareil respiratoire dont ils annihilent la fonction. Tous les composés de ce genre ont été réunis au chlore et aux vapeurs nitreuses dont on connaissait déjà le mode d'action, sous le nom générique de composés *suffocants*.

Lorsqu'un de ces composés pénètre dans les voies respiratoires, il provoque une série d'effets successifs :

1° Pendant une courte période, il détermine d'abord une action nerveuse réflexe que nous avons analysée avec MM. Magne et Plantefol. Cette action, qui met en jeu une série de réflexes antagonistes, les uns déjà connus, les autres non encore signalés, aboutit au phénomène de la suffocation. Elle peut être assez puissante pour amener la mort, mais seulement dans des cas tout à fait exceptionnels. En général, la plupart des actions nerveuses ainsi mises en jeu se calment assez rapidement. 2° A ce moment commence une période de tranquillité apparente qui peut durer plusieurs heures, mais pendant laquelle les corps toxiques, entrés en contact avec la muqueuse pulmonaire, réagissent avec cette muqueuse. Certains d'entre eux sont transformés (le chlore donne de l'acide hypochloreux; les éthers sont saponifiés, etc.) Les produits de la réaction provoquent une altération de la muqueuse, assez importante pour être révélée par l'analyse. Alors s'installent les lésions du poumon, lésions caractéristiques qui sont la congestion et surtout l'œdème pulmonaire. Une étude histologique serrée du mode d'action des composés suffocants sur la muqueuse a été poursuivie avec MM. Fauré-Fremiet et Guieysse. On se rendra compte de l'importance de ces lésions quand on saura que le liquide d'œdème arrive à former 60 pour 100 du poids du poumon atteint. 3° A ce moment la lésion retentit sur l'organisme par un mécanisme que nous avons pu dégager. Le liquide d'œdème est perméable à l'acide carbonique, mais demeure imperméable à l'oxygène. Il en résulte une asphyxie, non pas par excès d'acide carbonique, mais par défaut d'oxygène. C'est cette asphyxie qui amène la mort. En dehors de l'action asphyxiante, le retentissement général sur l'organisme est extrêmement faible. Le foie, le rein, sont à peine touchés. 4° Lorsque le sujet survit, les lésions pulmonaires peuvent laisser des séquelles (emphysème, sclérose).

II. D'autres composés ont, comme action dominante, surtout des effets *irritants*. Tels sont les effets lacrymogènes des cétones bromées, des bro-

mures de benzyle et de xylile, de la chloropicrine; l'effet sternutatoire des arsines halogénées; l'effet nauséeux de la phénylcarbylamine dichlorée.

III. Un troisième groupe, très important, est constitué par des corps qui ont sur la peau et les muqueuses une action *vésicante*. Tels sont le sulfure d'éthyle dichloré et certaines arsines chlorées. 1° Ces corps, lorsqu'ils atteignent l'œil, déterminent de la congestion, du larmoiement, de l'œdème de la conjonctive et des paupières, puis des effets plus profonds que nous avons étudiés avec M. Mawas. 2° Lorsqu'ils atteignent les téguments, ils provoquent l'apparition de lésions très remarquables, allant de l'érythème jusqu'aux bulles et aux phlyctènes, accompagnées d'une désorganisation plus ou moins profonde des éléments malpighiens et du réseau capillaire superficiel. 3° Ces actions sur l'œil et les téguments sont les plus immédiatement frappantes, mais ce ne sont pas les plus nocives. Ces corps vésicants sont toxiques par un autre mode d'action. Ils pénètrent dans l'appareil respiratoire et y déterminent des lésions profondes. C'est tout d'abord la muqueuse des voies aériennes qui peut être non seulement congestionnée et œdématiée, mais encore désorganisée plus ou moins profondément. L'altération produite dans ce cas s'accompagne de la formation d'escharres et de fausses membranes très considérables qui peuvent obstruer les voies aériennes. Cette obstruction provoque l'axphyxie, asphyxie par accumulation d'acide carbonique aussi bien que par défaut d'oxygène. C'est ensuite, si la pénétration est plus profonde, le parenchyme pulmonaire lui-même qui se trouve lésé. De vastes territoires sont frappés d'incapacité fonctionnelle par l'apparition d'hémorragies, d'infarctus et d'œdème fibrineux obstruant les alvéoles nécrosées et bientôt transformées en une masse purulente. 4° C'est par cette action sur l'appareil respiratoire que les composés vésicants déterminent la mort. Mais il faut ajouter que les corps de ce groupe ont, en outre de cette action locale, une action toxique générale très importante; les sulfures d'éthyle halogénés en particulier provoquent toute une série de troubles des principales fonctions de l'économie.

PHYSIOLOGIE. — *Croissance, modelage et métamorphisme de la trame fibrineuse dans les caillots cruoriques*. Note de M. J. NAGEOTTE, présentée par M. Yves Delage.

Sauf dans les cas où l'extravasation du sang est un phénomène physiologique, la fibrine n'apparaît pas dans l'organisme à l'état normal. Mais

sous l'influence de conditions physiologiques diverses, elle peut former instantanément la trame d'un tissu occasionnel. Je n'examinerai ici que ce qui se passe dans le caillot cruorique aseptique.

Le sang liquide n'est pas un tissu, comme on le dit généralement; le caillot cruorique en est un, mais incomplet; en effet, s'il possède une trame solide, ses cellules ne sont que des leucocytes; or les cellules migratrices sont les hôtes et non les éléments constitutifs des tissus véritables.

Par une évolution complexe, le caillot cruorique « s'organise » et se transforme en tissu conjonctif. Ce processus est considéré actuellement comme la substitution pure et simple d'un tissu vascularisé aux constituants du caillot, réseau fibrineux et hématies, qui seraient résorbés.

En réalité le caillot se complète, en tant que tissu, par l'acquisition de cellules fixes et de vaisseaux venus des tissus vivants qui l'environnent. Mais, si ses hématies sont détruites, par contre sa trame fibrineuse, loin de disparaître, croît, se modèle et se transforme en substance collagène (¹). C'est donc d'elle que dérive, par métamorphisme, la trame conjonctive du tissu définitif. J'ai appelé « *métamorphisme* » le phénomène par lequel la fibrine se transforme progressivement en substance collagène (²); le métamorphisme des substances intercellulaires est analogue à la *métaplasie* des cellules, mais distinct et non lié nécessairement à cette dernière.

Formé au repos, hors de l'organisme, le caillot cruorique possède un réticulum fibrineux délicat, fait de filaments isolés et renforcé de place en place par des étoiles d'où rayonnent des fibrilles plus grosses. La rétraction *in vitro* ne modifie pas sensiblement cet aspect. Au contraire, lorsqu'un caillot est maintenu au contact des tissus vivants, cette trame fibrineuse se modèle en un édifice compliqué, qui croît par intussusception.

Pour étudier ce phénomène, on peut recueillir du sang de chien dans de petites éprouvettes de collodion, larges de 6^{mm} à 7^{mm}, longues de 2^{cm} à 3^{cm}; après coagulation, une pièce est conservée pour comparaison, les autres sont introduites dans la cavité péritonéale d'animaux de même espèce. Dans ces conditions, aucun phénomène inflammatoire, ni aucune hémorragie surajoutée ne viennent compliquer le processus. Au bout de 8 jours, les pièces sont généralement enkystées dans l'épiploon. Le tube est fermé

(¹) Dans les parties centrales des caillots, le réseau fibrineux se désintègre et se réduit en granulations qui sont phagocytées, d'où la formation de lacunes dans les blocs fibreux.

(²) J. Nageotte, *Les substances conjonctives sont des coagulums albuminoïdes du milieu intérieur* (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, t. 79, 1916).

par un bouchon fibreux très vasculaire, qui dépend de la coque épiploïque étroitement serrée sur le corps étranger. Au contact du tissu fibreux, il s'est formé dans le caillot un système de travées et de feuillets de fibrine qui dissocient la masse des hématies plus ou moins altérées. Cet édifice, très puissant dans les couches superficielles du caillot, s'amoindrit à mesure qu'il s'éloigne du tissu vivant et se continue avec le réseau fibrineux, non encore modifié, des couches profondes; en réalité, il est formé par la croissance de ce réseau. Dans la zone qui avoisine l'épiploon, la fibrine, entre les nombreux capillaires qui pénètrent dans le caillot, se tasse en petits amas très denses, dépourvus d'hématies. Ces amas se transforment directement en substance collagène.

L'édifice fibrineux affecte les formes les plus capricieuses; ses travées sont généralement parallèles à l'axe du tube, mais il existe aussi des feuillets épais, véritables aponévroses de fibrine, qui cloisonnent obliquement le caillot en territoires distincts; ces territoires sont soumis à des régimes différents, en ce qui concerne la densité ou la forme du réseau fibrineux, et l'avancement du processus de destruction des hématies.

En même temps que l'édifice fibrineux se modèle et croît, il est pénétré par des fibroblastes. Mais le modelage et la croissance de la trame fibrineuse commencent à se dessiner bien au delà du point atteint par ces cellules : c'est la disposition préalable de la trame qui détermine leur orientation et non l'inverse. Les premiers fibroblastes se nécrosent; leurs noyaux deviennent pyknotiques et se fragmentent; ces éléments sont donc attirés dans des points où la vie n'est pas encore possible pour eux.

Il n'en est pas moins vrai que toute l'évolution de la fibrine est due à des influences chimiques et physiques qui partent des tissus vivants.

Des dispositions comparables existent dans les hématomes expérimentaux; mais en plus, on observe, dans les couches externes du caillot, la formation d'un système de feuillets de fibrine parallèles à la surface. L'édifice périphérique ainsi constitué se continue directement avec un édifice de même architecture, mais formé de lamelles collagènes, qui appartient à la capsule fibreuse d'enkystement de l'hématome. Dans la zone de transition, au niveau de la ligne où s'arrêtent les hématies, les lamelles contiennent à la fois de la fibrine et de la substance collagène, ce qui établit nettement la filiation entre l'architecture fibrineuse et l'architecture conjonctive. Mais si, dans les cas que j'ai actuellement en vue, la disposition architecturale n'est pas sensiblement modifiée au moment de la transformation, par contre, la texture des lamelles évolue toujours en même temps que la constitution chimique; les feuillets de fibrine sont faits d'un feutrage

de fibrilles assez rigides, entrecroisées dans tous les sens, tandis que les lamelles conjonctives contiennent des trousseaux onduleux de fibrilles collagènes qui offrent, à un fort grossissement, un aspect tout différent.

Une pièce pathologique m'a permis d'observer l'ensemble de ces phénomènes évolutifs dans des conditions exceptionnellement favorables. Il s'agit d'un caillot formé dans une vessie et retiré à une période avancée de son organisation. Les hématies, lavées par l'urine, sont réduites à des stromas qui n'ont provoqué aucune réaction. L'architecture de la trame est semblable à celle qui vient d'être décrite, mais l'édifice est partiellement transformé en substance collagène, de sorte que les parties encore fibrineuses et celles qui sont déjà collagènes alternent irrégulièrement dans un dessin continu. Les feuillets fibrineux ont la même forme et remplissent le même rôle que les lamelles conjonctives; on peut voir, par exemple, des parois vasculaires formées de fibrine dans leurs couches profondes et de collagène dans leurs couches superficielles, sans que la disposition architecturale subisse une interruption ou une modification au niveau de la zone de transition; la transformation s'accuse seulement par la différence de couleur et de texture des lamelles fibrineuses et collagènes.

Dans tous ces cas, les dispositions architecturales s'achèvent au stade fibrineux, avant la transformation en collagène, et celle-ci s'effectue assez brusquement, sans aucune modification sensible dans l'édifice. Il n'en est pas toujours de même. Ainsi, dans les taches fibrineuses des cicatrices du lapin, qui résultent d'hémorragies capillaires et que j'ai décrites en 1916, il existe une série de stades intermédiaires entre la fibrine et le collagène; de plus, le modelage du tissu cicatriciel en lamelles ne commence guère avant que la transformation en collagène soit achevée.

Conclusions. — Pas plus que la substance conjonctive dont elle est un état instable, la fibrine n'est vivante en soi. Dans l'ambiance de l'organisme vivant, ces deux substances manifestent certaines propriétés morphogéniques qui leur sont communes et qui sont considérées généralement, mais à tort, comme des propriétés vitales.

PHYSIOLOGIE. — *Le lait et l'hémolyse*. Note de M. **H. Violle**, présentée par M. Roux.

Le lait normal, comme d'ailleurs les autres liquides normaux de l'organisme (sang, humeur aqueuse), se comporte vis-à-vis des globules rouges comme une solution contenant environ 10^{g} de sel marin pour 1 litre d'eau

distillée. Si le titre de cette «solution isotonique» vient à baisser, ou si certaines substances hémolytiques y sont ajoutées, on voit alors apparaître la fonte des globules rouges.

Il en est de même du lait; tandis que des globules rouges ajoutés à un lait normal, se maintiennent intacts, ces mêmes globules ajoutés à certains laits anormaux, se dissolvent avec plus ou moins de rapidité.

On recherchera cette hémolyse à l'aide d'une double rangée de 11 petits tubes à hémolyse.

Dans la première rangée, on y met, en allant de droite à gauche :

0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 gouttes d'eau distillée ;

puis en allant de gauche à droite :

0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40 gouttes de sérum physiologique.

On mélange; on laisse tomber dans chaque tube une goutte de sang (sang de bœuf, de mouton, etc.). On mélange à nouveau. On centrifuge, si possible. On note à quelle concentration saline commence l'hémolyse.

Dans la deuxième rangée, on répètera la même opération en remplaçant le sérum artificiel par le sérum du lait, neutralisé ou non ; ce lacto-sérum est obtenu soit par caillage spontané, soit par addition de présure ou d'acide lactique.

On remarquera alors que l'hémolyse dans les tubes contenant le sérum physiologique, comme dans ceux contenant le lacto-sérum, est nulle à une concentration saline de 7 pour 1000 et au-dessus (8e tube), partielle à 6 pour 1000 (7e tube), totale à 5 pour 1000 (6e tube), (dans le cas où l'on emploie des globules de mouton).

Le lait normal n'hémolyse pas les globules rouges. Bien plus, on peut même ajouter à ce lait une proportion d'eau distillée égale aux $\frac{3}{10}$ de son volume, sans que l'hémolyse se produise. Tout lait qui produit l'hémolyse avec cette addition d'eau distillée est déjà un lait altéré.

Les altérations peuvent être dues :

1° A la soustraction ou à l'addition de ses composants normaux (lactose, eau).

2° A l'action de substances étrangères : acides, alcalins, alcools, éthers, savons, sels biliaires, lécithines, etc., certaines toxines animales (venins), végétales (streptolysine, pyocyanolysine) etc., les uns ajoutés en assez forte proportion, les autres à dose infinitésimale.

On voit ainsi le caractère de la méthode. Elle ne préjuge nullement de la nature du corps ajouté ; elle indique seulement, mais nettement, que le lait n'est pas normal : fraudes portant sur les constituants du lait, addition d'antiseptiques, altérations spontanées, toxicité due à des fourrages, etc.

PHYSIOLOGIE. — *Les limites de la débilité et de la prétuberculose.* Note de M. **Marage**, présentée par M. Bourgeois.

J'ai étudié, de 1907 à 1911, l'énergie de la voix et son développement au moyen d'exercices respiratoires spéciaux. Les résultats se trouvaient réunis dans des tableaux où étaient indiqués, en fonction de la taille, le poids, le tour de poitrine et la capacité vitale (volume d'air maximum expiré après une inspiration maxima).

Il peut être intéressant de connaître le rapport entre la capacité vitale V et le poids P.

J'ai fait trois Tableaux : le premier est établi d'après des mesures prises par moi sur 180 enfants de 6 à 14 ans au début, et après six mois d'exercices respiratoires.

J'ai dressé le second Tableau d'après des documents recueillis dans le *Bulletin de la Société française d'Anthropologie*, tome VI, fascicule 1.

Le dernier Tableau est emprunté à M. Roberts, il s'applique à des sujets anglais adultes, entraînés aux sports.

Rapport de la capacité vitale au poids. — Pour certains auteurs, ce rapport a des valeurs bien déterminées : sujets robustes, 5,50 à 6; sujets débiles, au-dessous de 5; prétuberculeux, à partir de 4.

Même règle pour les enfants sauf de 10 à 14 ans où sa valeur est voisine de 4,80.

Enfants français.

V = capacité vitale; P = poids.

Age (ans)		6	7	8	9	10	11	12	13	14
Taille (cm).	Début	115	123	124	130	141	138	145	148	147
	6e mois	118	125	126	132	143	142	149	151	153
$\frac{V}{P}$	Début	2,5	2,7	3,1	3,1	3,7	3,2	4,2	4,8	4,6
	6e mois	4,2	4	4,5	4,1	4,8	5,1	4,7	5,6	5

Adultes français.

Hommes.

Taille (cm)	162	163	164	165	169	170	171	172	174	175	176	177
$\frac{V}{P}$	5,8	6	5,6	5,8	6,1	6	6	5,7	6,7	6,2	6,2	6,2

Femmes.

Taille (cm)	147	149	151	152	154	155	159	161	162
$\frac{V}{P}$	4,7	4,6	4,6	4,5	4,9	4,8	5,2	5,6	5

ADULTES ANGLAIS.

Hommes.

Taille (cm).	147	150	152	155	158	160	163	165	168	170	173	175	178	180	183
$\frac{V}{P}$	4	4,2	4,4	4,6	4,7	4,9	5,1	5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	6	6,1	6,3

Femmes.

$\frac{V}{P}$	3,8	4	4,1	4,3	4,5	4,7	4,8	5	5,1	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8	6

Voici les résultats que j'ai obtenus : on constate d'abord que la valeur du rapport augmente généralement avec la taille; on ne peut donc établir une limite inférieure de l'état normal sans tenir compte de la taille du sujet examiné.

a. Chez les enfants français de 6 à 14 ans, le rapport varie entre 2,5 et 4,6; ce n'est qu'après 6 mois d'exercices respiratoires que sa valeur remonte entre 4,2 et 5.

b. Chez les adultes français, le rapport varie entre 5,6 et 6,2; chez les françaises, il oscille entre 4,7 et 5,6; 66 pour 100 d'entre elles ont au-dessous de 5. Ce seraient donc des sujets débiles, d'après certains auteurs.

c. Chez les anglais, pour des tailles comprises entre 147^{cm} et 183^{cm}, le rapport varie entre 4 et 6,3; 40 pour 100 ont au-dessous de 5.

Chez les anglaises, le rapport varie entre 3,8 et 6; 46 pour 100 des sujets ont une valeur inférieure à 5.

Or, étant donné qu'il s'agissait de sujets entraînés aux sports, il est difficile de supposer que 40 pour 100 des anglais et 46 pour 100 des anglaises sont des sujets débiles ou maladifs.

On peut se demander quelle est la raison des résultats différents obtenus chez les français et chez les anglais. Deux causes, à mon avis, peuvent intervenir :

a. Les français étaient des sujets quelconques, les anglais des sujets développés par des exercices de gymnastique.

b. Les inégalités observées peuvent provenir également des appareils employés ou du moment où l'on a fait l'expérience; car sur un même sujet, des mesures successives de la capacité vitale donnent des chiffres très divergents; le premier chiffre trouvé est toujours très supérieur aux suivants.

Conclusions. — 1. Le rapport de la capacité vitale au poids est très variable.

2. Ce rapport augmente avec la taille du sujet.

3. Il semble exagéré de dire que les sujets chez lesquels ce rapport a une valeur inférieure à 5 sont des débiles.

4. Cette remarque est excessivement importante, car dans les conseils de révision, si l'on appliquait le chiffre 5 on pourrait avoir, dans certains centres, 50 pour 100 d'ajournés.

5. Les expériences faites sur les enfants montrent l'influence des exercices respiratoires.

6. En faisant faire ces exercices aux jeunes gens, 6 mois avant le conseil de révision, on n'aurait que très rarement des ajournés pour étroitesse de poitrine; à une époque où la quantité des enfants diminue, c'est un moyen simple d'en augmenter la qualité.

ZOOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La conduction médullaire chez les Sélaciens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*) *et la fonction présumée des cellules géantes dorsales transitoires de Rohon-Beard.* Note de M. **P. Wintrebert**, présentée par M. Yves Delage.

J'ai exposé précédemment (¹) qu'au début de la liaison neuro-musculaire chez les embryons de Sélaciens la continuité de la moelle n'est pas indispensable pour assurer la propagation antéro-postérieure de la contraction; une résection médullaire de six métamères peut même être pratiquée sans interrompre le mouvement ondulant. La transmission de l'excitation doit dans ce cas s'effectuer d'une manière indirecte par l'intermédiaire d'un réflexe; le point de départ de celui-ci réside probablement dans l'excitation fournie par la contraction des premiers myotomes situés en arrière de l'interruption médullaire et reliés par leurs nerfs moteurs au segment précédent. Ces résultats acquis, la question se pose de savoir si la voie périphérique démontrée par l'expérience est purement occasionnelle, si elle n'a qu'une valeur de suppléance, ou si elle représente en réalité le chemin normal par lequel s'établit la propagation du mouvement; en d'autres termes, les liens qui unissent à ce moment de la croissance les centres nerveux métamériques suffisent-ils à conduire d'un bout à l'autre de la moelle l'ordre de contraction?

Pour résoudre le problème, il s'agit, à l'inverse des expériences précédentes de section ou de résection médullaire, de laisser la moelle intacte et

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 958.

d'empêcher, sur une certaine étendue du corps, les myotomes de participer à la vague de contraction. A première vue, la suppression de cet effet moteur ne paraît pouvoir être obtenue que par l'extirpation des muscles eux-mêmes, mais cette technique est défectueuse, elle laisse l'embryon vide de sang, déformé, inguérissable et trop affaibli dans ses réactions immédiates pour être utilisé. L'étude physiologique de la fonction motrice révèle qu'un autre procédé, non sanglant, peut être employé avec succès. Les muscles présentent en effet deux sortes de contraction : l'une clonique passagère, rapide, qui est celle du mouvement ondulatoire; l'autre tonique, lente à atteindre son maximum, mais beaucoup plus durable. Cette dernière, bien que la liaison neuro-musculaire commence au stade K (Balfour), n'est provoquée, jusqu'au stade M, que par l'excitation directe du muscle et n'est soumise que plus tard à l'influence nerveuse. Pendant les stades K et L, elle n'est pas réflexe; aux stimulations pratiquées en dehors des zones musculaires, l'animal répond seulement par un surcroît d'activité clonique, c'est-à-dire une accélération de vitesse et une augmentation d'intensité des oscillations bilatérales; les réactions consécutives à des excitations prolongées de la tête, des nageoires, des limbes sont parfois unilatérales, mais elle conservent toujours le caractère ondulant.

Au contraire, à partir du stade M et surtout aux stades plus avancés, l'enroulement tonique du corps devient une manifestation fréquente, une réaction réflexe généralisée qui s'établit à la suite de n'importe quelle stimulation soit cutanée, soit musculaire et qui remplace le balancement clonique bilatéral.

Ainsi, quand on pique profondément un myotome aux stades K et L, deux phénomènes indépendants se produisent, l'un d'origine nerveuse et général, qui est l'augmentation de rapidité et de force des battements ondulants, l'autre d'ordre musculaire, strictement localisé au myotome piqué, la contraction tonique. Grâce à ce dernier, nous avons le pouvoir d'immobiliser un certain nombre de muscles d'un ou des deux côtés et d'observer si, malgré l'impuissance où ils se trouvent de réagir à l'influx nerveux, la propagation du mouvement clonique peut encore s'effectuer en arrière d'eux par la seule conduction médullaire.

On obtient un raccourcissement intense et durable des muscles par des piqûres réitérées, mais plus aisément encore par le passage entre deux électrodes rapprochées d'un courant interrompu fourni par l'appareil de Du Bois-Reymond et juste senti à la pointe de la langue. Le resserrement myotomique atteint son maximum en 3 à 6 secondes, puis, toute excita-

tion cessante, *se maintient pendant* 1 *à* 4 *et parfois* 6 *minutes*. Le corps se courbe localement en U, mais l'oscillation générale clonique persiste et l'on a tout le temps d'observer si, d'un côté à l'autre du bloc contracturé, la transmission de l'onde musculaire s'effectue.

Les résultats sont concordants. Il faut, pour arrêter cette transmission au niveau de l'arrière-tronc, la contraction tonique de 15 myotomes : si celle-ci n'est provoquée que d'une manière unilatérale, la propagation intégrale de l'onde du côté opposé subsiste ; établie des deux côtés à la fois sur la longueur de 15 myotomes, elle empêche toute correspondance entre les mouvements des segments céphalique et caudal dont les oscillations cloniques deviennent indépendantes.

Conclusion physiologique. — 1° Au début de la liaison neuro-musculaire, la conduction de la moelle n'est effective que sur une longueur de 15 métamères environ.

2° La propagation du mouvement ondulatoire d'un bout à l'autre de l'embryon exige la participation active des myotomes; leur resserrement provoque une excitation, point de départ d'un réflexe qui détermine la contraction de myotomes plus éloignés; la transmission de l'onde est ainsi le résultat d'une suite d'arcs réflexes qui se commandent les uns les autres.

Interprétation anatomique. — La voie centripète susceptible de réaliser la liaison entre les myotomes et les neurones moteurs de la moelle semble établie par les cellules géantes dorsales transitoires de Rohon-Beard. Leur développement est précoce [Beard [1]] et leur nombre considérable dès la fin du stade K chez les Sélaciens ovipares (*Raja* de 9^{mm}); elles envoient des fibres nerveuses périphériques non seulement à la peau mais très nettement aux myotomes. Leur rôle sensible, jusqu'ici de nature assez problématique, s'éclaire de la nécessité, démontrée ici par l'expérience, de relais myotomiques successifs pour la transmission de l'onde propagée. La propagation du mouvement, aux premiers temps de la liaison neuro-musculaire, peut être interprétée comme une suite d'arcs réflexes simples; l'axone des cellules géantes dorsales porte l'excitation aux neurones moteurs du même côté, suivant un trajet descendant qui ne dépasse pas la longueur de 15 métamères.

---

[1] J. Beard, *Zoologische Jahrbücher : Abt. Anat.*, Bd 9, et *Anat. Anzeiger*, Bd 12; 1896.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur les œufs intermédiaires entre les œufs d'été et les œufs d'hiver qui se produisent chez le Bombyx du Mûrier.* Note de M. **Lécaillon**, présentée par M. **Henneguy**.

En règle générale, les femelles des diverses races de Bombyx du Mûrier produisent des œufs qui, pour chaque ponte considérée, comprennent uniquement soit des œufs d'été, soit des œufs d'hiver (¹). Mais dans des cas exceptionnels qui seront indiqués plus loin, on rencontre aussi des pontes spéciales qui sont, à des degrés divers, *intermédiaires* entre les deux catégories de pontes normales. Quand une de ces pontes vient d'être déposée, les œufs qui la composent ressemblent davantage, par leur coloration, aux œufs d'été qu'aux œufs d'hiver. Certains d'entre eux passent par une teinte rose, puis éclosent au bout d'une dizaine de jours, exactement comme les vrais œufs d'été. Mais d'autres œufs faisant partie de la même ponte, après avoir acquis une teinte rose, s'arrêtent à un stade peu avancé de transformation et n'éclosent qu'au printemps suivant, c'est-à-dire au bout d'un temps beaucoup plus long.

On peut dire qu'il s'agit ici d'éléments reproducteurs ressemblant par certains caractères (coloration initiale et changements de couleur ultérieurs) à des œufs d'été, et par certains autres (durée du développement embryonnaire) à des œufs d'hiver. Il y a lieu d'ajouter que, dans la même ponte, on trouve encore souvent des œufs plus colorés que les œufs d'été, soit au moment où ils sont pondus, soit au moment où ils s'arrêtent dans leur transformation pour hiberner. Ces œufs se rapprochent beaucoup des vrais œufs d'hiver.

Les larves, qui sortent de tous ces *œufs intermédiaires* entre les œufs d'été et les œufs d'hiver, peuvent parfois s'élever aussi facilement que les vers normaux: mais très souvent elles périssent malgré tous les soins dont on peut les entourer. Dans leur ensemble, elles paraissent beaucoup moins bien adaptées que les vers normaux aux conditions dans lesquelles se pratiquent les élevages.

On sait que chez le Bombyx du Mûrier la variabilité de beaucoup de caractères spécifiques (?) est très accentuée. Le rôle qui revient, dans ce

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 366 et 529.

phénomène, aux différences de composition chimique qui existent entre les divers œufs produits par un même ovaire, est tout particulièrement mis en évidence par le cas des *œufs intermédiaires* dont il est ici question.

J'ai précédemment fait remarquer que l'apparition d'une génération supplémentaire dans une race jusque-là univoltine est causée par une modification apparaissant dans la composition chimique de l'œuf (cas des Bivoltins accidentels). Les faits rapportés dans la présente Note appuient très nettement cette manière de voir. Et ils vérifient aussi cette autre conclusion que j'avais déduite de la descendance des Bivoltins accidentels, à savoir que la cause qui produit l'apparition de ces derniers Bombyx au sein d'une race univoltine ne correspond pas à une « mutation », prise dans le sens de de Vries. Dans les œufs intermédiaires entre les œufs d'été et les œufs d'hiver, on voit en effet la composition des œufs d'une même ponte varier par degrés insensibles.

Les cas dans lesquels j'ai vu se produire des pontes d'*œufs intermédiaires* sont les suivants :

1° Chez des femelles descendant directement de Bivoltins accidentels (j'ai indiqué ce cas dans une Note antérieure);

2° Chez des femelles descendant elles-mêmes d'œufs intermédiaires;

3° Chez des femelles descendant de métis de première génération obtenus en croisant un mâle univoltin avec une femelle polyvoltine de Chine.

MICROBIOLOGIE. — *Épidémiomycose eczématoïde due à un parasite du genre* Endomyces. Note de MM. **L. Hudelo**, **A. Sartory** et **H. Montlaur**, présentée par M. Guignard.

L'ensemencement systématique sur milieu d'épreuve de toutes les lésions eczématoïdes des espaces interdigitaux et des plis nous a permis d'isoler, à côté de parasites connus : *Trichophyton*, *Epidermophyton*, *Saccharomyces*, etc., quelques espèces non encore décrites à l'heure actuelle.

Nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui les caractères botaniques et biologiques d'un *Endomyces* isolé, chez une jeune femme, d'une lésion de l'aisselle gauche.

Cette lésion, ovoïde, de 3^{cm} de diamètre environ, à bordure irrégulière, mais sans polycyclisme net, datait de trois semaines et avait débuté, aux

dires de la malade, par une « petite rougeur » prurigineuse. Toute la surface de cette lésion érythémato-squameuse est intéressée et rappelle l'eczéma séborrhéique sec.

Cet organisme, que nous appellerons *Endomyces crateriforme* à cause de ses caractères culturaux sur milieu gélose-maltosée, présente dans les cultures un mycélium typique cloisonné et ramifié. Les filaments mycéliens donnent naissance à la fois à des conidies, à des formes levure et à des asques.

Les conidies n'apparaissent que dans les parties du mycélium qui se trouvent directement au contact de l'air, dans les régions superficielles des substratums solides. Elles se forment dans ces conditions en grande abondance et recouvrent bientôt la végétation du champignon d'un givre blanchâtre qui donne à la culture un aspect pulvérulent et farineux.

Naissance des conidies. — Les conidies naissent le plus fréquemment par bourgeonnement du mycélium, mais aussi aux dépens des cellules bourgeonnantes simulant des levures qui proviennent des rameaux du mycélium.

On peut d'ailleurs remarquer que ces conidies, en se détachant des articles qui leur ont donné naissance, abandonnent une sorte de stérigmate qui reste adhérent à la surface de ces derniers.

Les conidies sont de forme variable, mais le plus souvent ellipsoïde ou ovale, et mesurent de 5^{μ} à 6^{μ}, 7^{μ} à 9^{μ}.

Autres formes de reproduction. — Dans les parties du mycélium situées dans les régions insuffisamment aérées, ou dans les régions profondes d'une culture en milieu solide, le mycélium ne produit jamais de conidies, mais fournit un grand nombre de cellules levures.

Ces levures sont très variables dans leurs formes et leurs dimensions, (9^{μ} à 11^{μ}), ce qui dépend beaucoup du milieu employé.

Parfois, on observe également des cellules allongées ressemblant à des oïdies (15^{μ} et 16^{μ}).

Asques. — Les asques prennent naissance dans des conditions analogues à celles qui déterminent la sporulation des Saccharomycétées. Ils apparaissent facilement lorsqu'on place un fragment de mycélium jeune et bien nourri sur différents milieux solides (carotte ou pomme de terre), ainsi que dans la plupart des vieilles cultures.

La température qui nous a paru la plus favorable est comprise entre $+22^{\circ}$ et 23°; 80 heures environ sont nécessaires pour constater l'apparition des asques. Ils naissent aux extrémités des filaments et, plus rarement, aux dépens d'un article intercalaire.

Les asques se présentent sous la forme de grosses cellules rondes ou ovales mesurant de 4^{μ} à 5^{μ} de diamètre. Ils renferment le plus souvent 4 ascospores. Les ascospores sont ellipsoïdes, 3^{μ} à $3^{\mu},5$ de long sur $1^{\mu},75$ à 2^{μ} de large. Elles ne sont pourvues que d'une seule membrane qui est toujours lisse.

Les ascospores germent en donnant un mycélium qui peut redonner des asques et sa cospores.

Caractères culturaux. — L'*Endomyces crateriforme* se développe facilement dans la plupart des milieux.

1° *Milieux liquides.* — Sur *moût de bière*, il montre, après 18 jours, un voile assez épais, sec, plissé, formé de mycélium et recouvert de conidies. Le dépôt de fond est peu cohérent, il est formé exclusivement de cellules levures. Au cours du développement, on constate une faible fermentation, à odeur légèrement aromatique.

Il végète également fort bien sur bouillon de viande; bouillon pepto-glycériné glucosé; liquide de Raulin ordinaire, glucosé, lactosé, galactosé et maltosé; décoction de pruneaux, etc.

2° *Milieux solides.* — Sur *milieu de Sabouraud*, cet organisme prend un aspect particulier. La culture débute par un petit point blanchâtre, sorte de petite houppe. Elle s'étend par ses bords et devient un petit gâteau blanc crème, dont le centre est un peu plus jaune et se creuse en cupule pendant que ses bords se relèvent.

Elle donne bien à ce moment précis la forme d'un cratère; mais, ce cratère est très irrégulier, contrairement à celui du *Trichophyton crateriforme*, par exemple.

Lorsque la culture vieillit, le centre prend un aspect finement craquelé caractéristique; le tout ressemble alors à une petite éponge où se retrouve cependant encore le vestige d'un petit cratère.

Sur *carotte* et sur *pomme de terre*, on obtient une forme différente; la culture s'étend plus facilement, s'épaissit, la masse se creuse d'alvéoles irréguliers, se plisse à l'excès et se couvre surtout d'un givre de conidies (blanc sur crème).

Sur *bouillon gélatiné*, la culture n'atteint pas son complet développement; il y a liquéfaction du milieu au septième jour.

Constatations biologiques. — L'*Endomyces crateriforme* fait fermenter la saccharose; moyennement les dextroses, d. mannose et lévulose. Il est sans action sur le raffinose, le lactose, le galactose et le maltose.

L'empois d'amidon n'est pas liquéfié; le lait n'est pas coagulé, même après 34 jours.

Pouvoir pathogène. — L'*Endomyces crateriforme* ne s'est pas montré pathogène en injections sous-cutanées, intra-péritonéales et intra-veineuses chez le cobaye et le lapin.

Après rasage, scarification de la peau et inoculation du champignon, nous avons observé une petite lésion érythémato-squameuse, sans caractères bien nets et trop fugace, pour que nous puissions en faire état.

Nous ignorons l'évolution de la lésion chez notre malade, cette jeune femme ne s'étant jamais représentée à notre consultation.

En résumé, l'*Endomyces crateriforme* est une espèce nouvelle, qui semble jouer un rôle important dans certaines lésions eczématoïdes :

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'action des boues activées*. Note de M. F. **Diénert**, M. F. **Wandenbulke** et Mlle M. **Launey**, présentée par M. Schlœsing.

Pour obtenir une épuration rapide des eaux d'égout par les boues activées, l'expérience apprend qu'il faut pratiquement un certain volume de boues. Celui-ci est à peu près le $\frac{1}{5}$ du volume d'eau d'égout traitée, quand on le mesure après un dépôt de 2 heures.

Afin de nous rendre compte de l'influence de la proportion des boues activées sur la nitrification, nous avons introduit dans 1^l d'eau de Seine [1], additionnée de doses croissantes d'ammoniac, des quantités variables de boues activées humides.

Dans des allonges, on a mis 1^l d'eau de Seine et respectivement 400^{cm^3}, 200^{cm^3}, 100^{cm^3}, 50^{cm^3} de boues activées humides représentant 12^g, 6^g, 3^g, $1^g,5$ de boues séchées à $100°$.

On a fait barboter de l'air, au même débit, dans toutes ces allonges [2].

Toutes les heures, on opérait un prélèvement et l'on déterminait l'ammoniac disparu, l'azote nitrique et l'azote nitreux formés.

Nous appellerons *activité de la boue* le rapport

$$R = \frac{\text{Ammoniac disparu}}{\text{Poids de boue introduite supposée sèche}},$$

et nous désignerons par ρ le rapport

$$\rho = \frac{\text{Azote nitrique formé}}{\text{Azote nitreux formé}}.$$

Le Tableau ci-après présente les moyennes de nos résultats.

(1) Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 899), l'un de nous a montré que la nitrification de l'ammoniac par les boues activées s'opère sensiblement dans l'eau ordinaire comme dans l'eau d'égout.

(2) Le débit d'air était d'environ 50^l à l'heure.

	400cm³ boue activée.	200cm³ boue activée.	100cm³ boue activée.	50cm³ boue activée.
AzH^3 20mg par litre (durée 1 heure) :				
AzH^3 disparu	17,6	15,2	12,9	11,5
R trouvé	1,46	2,53	4,3	7,7
R calculé [1]	1,50	2,5	4,4	7,7
ρ	30	20,3	15,5	5,5
AzH^3 40mg par litre (durée 1 heure) :				
AzH^3 disparu	19,7	18,3	14,8	12,8
R trouvé	1,6	3,0	4,9	8,6
R calculé	1,6	2,8	4,9	8,6
ρ	21,8	14,0	8,0	4,3
AzH^3 40mg par litre (durée 2 heures) :				
AzH^3 disparu	34,6	31,8	26,0	24,4
R trouvé	2,9	5,3	8,6	16,2
R calculé	2,8	5,1	9,1	16,2
ρ	13,5	8,3	4,9	3,7
AzH^3 60mg par litre (durée 2 heures) :				
AzH^3 disparu	32,1	30,5	27,3	24,7
R trouvé	2,8	5,0	9,1	16,2
R calculé	2,8	5,1	9,1	16,2
ρ	26,2	22,8	19,4	6,8
AzH^3 60mg par litre (durée 3 heures) :				
AzH^3 disparu	49,2	45,8	41,2	34,1
R trouvé	4,1	7,6	13,8	22,6
R calculé	4,2	7,5	13,0	22,6
ρ	15,5	10,4	10,1	5,6

Ces chiffres montrent que le rapport R diminue quand la quantité des boues augmente. Dans nos essais, la quantité de boues croissant comme $1, 2, 2^2, 2^3$, R a varié comme les nombres $1, \frac{1}{1,73}, \left(\frac{1}{1,73}\right)^2, \left(\frac{1}{1,73}\right)^3$, ainsi qu'on peut s'en assurer si l'on compare dans notre tableau R trouvé avec R calculé en multipliant l'activité de 50cm³ de boues successivement par $1, \frac{1}{1,73}, \left(\frac{1}{1,73}\right)^2, \left(\frac{1}{1,73}\right)^3$. Ce rapport $\frac{1}{1,73}$ n'a rien d'absolu; mais il donne, dans nos essais, des résultats calculés très satisfaisants.

Le rapport ρ augmente avec la quantité de boues.

---

(1) Voir plus loin.

Les boues activées, obtenues avec des eaux d'égout de Paris, se sont montrées aussi actives, pour nitrifier l'ammoniac, que celles obtenues soit à Lyon, soit à Manchester, soit en Amérique.

En ce qui concerne la réduction du nombre de germes qu'elles ont produite dans l'eau d'égout traitée, elles se sont trouvées inférieures.

	Germes par centimètre cube.		
	Avant épuration.	Au milieu du temps d'épuration.	Après épuration (fin du soufflage).
Essais faits à Lyon (¹)........	154000000	»	65187
Essais faits à Manchester (²)..	8500000	»	66000
Essais faits à Colombes (eaux d'égout de Paris) (³)......	6050000	14000000	3400000

La réduction du nombre des germes, à Colombes, a été de moins de 50 pour 100 après traitement de l'eau d'égout par les boues activées.

Si, au lieu d'opérer avec de l'eau d'égout, nous employons de l'eau de Seine pompée à Paris, additionnée de 50^{mg} d'ammoniac par litre, et que nous insufflions de l'air dans cette eau mêlée ou non avec des boues activées de diverses provenances, obtenues soit avec de l'eau d'égout de Paris, soit avec de l'eau du puits de l'Institut Pasteur (⁴), nous ne constatons qu'une diminution du nombre des germes de *B. coli*, d'ailleurs plus sensible en l'absence de boues qu'avec les boues activées (⁵). Voici les moyennes de quatre essais sur le sujet :

	Avant barbotage d'air.		Après 4 heures de soufflage.		Après 18 heures de soufflage.	
Soufflage.	Germes par cm³.	*B. coli* dans 100cm³.	Germes par cm³.	*B. coli* dans 100cm³.	Germes par cm³.	*B. coli* dans 100cm³.
Sans boues activées.	51300	475	53100	100	49300	50
Avec boues activées de Colombes....	63400	300	49300	320	75000	90
Avec boues activées de l'Inst. Pasteur.	43400	330	56200	370	32000	200

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 75.

(²) William T. Lockett, *Journal of the Society of Chemical Industry*, t. 36, n° 5, 15 mars 1917.

(³) Moyenne de 32 analyses.

(⁴) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 762.

(⁵) Comme l'ont constaté MM. Courmont et Rochaix, les germes isolés de l'eau dénitrifiaient rapidement l'azote nitrique dans les bouillons de culture.

A notre avis, le procédé d'épuration des eaux d'égout par les boues activées permet d'obtenir rapidement un effluent débarrassé de son ammoniac et non putrescible; mais, à raison des grandes différences de composition de ces eaux, la réduction du nombre des germes par ce procédé semble devoir être très variable.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 MAI 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux et les congruences conjugués par rapport à un complexe linéaire.* Note de M. C. GUICHARD.

Soient Δ une droite qui décrit une congruence rapportée à ses développables; A son premier foyer, B le second; $A_1, A_2, \ldots$ la suite des réseaux déduits de A par la transformation de Laplace; $B_1, B_2, \ldots$ la suite déduite de B.

Soient Δ' la droite conjuguée de Δ par rapport à un complexe linéaire; A'_i et B'_i les analogues de A_i et B_i pour la droite Δ'.

Si u varie seul, la droite Δ' touche son enveloppe en un point A' qui est le pôle du plan osculateur à la courbe décrite par A; A' est donc le pôle du plan tangent à la surface B; d'une manière générale, A'_i et B_i ou encore A_i et B'_i décrivent des surfaces polaires réciproques par rapport au complexe.

Je projette sur un plan perpendiculaire à l'axe du complexe; soient a_i, b_i, a'_i, b'_i les projections de A_i, B_i, A'_i, B'_i; les droites AB, A'B' étant conjuguées, leur perpendiculaire commune rencontre à angle droit l'axe du complexe, donc les droites ab et $a'b'$ sont parallèles.

Les réseaux a et b' sont tels que la première tangente de l'un est parallèle à la deuxième tangente de l'autre.

Les lois de parallélisme et d'orthogonalité des éléments sont applicables (avec certaines restrictions) à l'espace à deux dimensions.

On voit que si l'on fait tourner le réseau b' d'un angle de 90° autour de l'origine, les réseaux a et b', après cette rotation, se correspondent par *orthogonalité des éléments*. Ces réseaux (a) et (b') possèdent toutes les pro-

priétés déduites de la loi d'orthogonalité des éléments dans les espaces d'ordre pair.

Je désigne par $\xi_1, \xi_2, \xi_3; \eta_1, \eta_2, \eta_3$ les paramètres normaux du réseau A; par $\xi'_1, \xi'_2, \xi'_3; \eta'_1, \eta'_2, \eta'_3$ ceux du réseau B'. D'après la propriété qui vient d'être indiquée, on aura les deux équations

$$(1) \qquad \frac{\xi'_1}{\eta_1} = \frac{\xi'_2}{\eta_2} \quad \text{et} \quad \frac{\eta'_1}{\xi_1} = \frac{\eta'_2}{\xi_2}.$$

Réciproquement, *si ces relations existent, il y a des réseaux parallèles à* A *dont la transformée par polaire réciproque est un réseau parallèle à* B'.

Je désigne par x_1, x_2, x_3 les coordonnées de A. Le plan polaire de A a pour équation

$$x_1 y_2 - x_2 y_1 + R(y_3 - x_3) = 0.$$

Pour que ce plan enveloppe un réseau parallèle à B', il faut que

$$(2) \qquad \begin{cases} -x_2\xi'_1 + x_1\xi'_2 + R\xi'_3 = 0, \\ -x_2\eta'_1 + x_1\eta'_2 + R\eta'_3 = 0. \end{cases}$$

Ces équations donnent x_1 et x_2; si l'on tient compte des équations

$$\frac{\partial \xi'_i}{\partial v} = n'\eta'_i, \qquad \frac{\partial \eta'_i}{\partial u} = m'\xi'_i,$$

on obtient

$$-\frac{\partial x_2}{\partial v}\xi'_1 + \frac{\partial x_1}{\partial v}\xi'_2 = 0,$$

$$-\frac{\partial x_2}{\partial u}\eta'_1 + \frac{\partial x_1}{\partial u}\eta'_2,$$

ce qui donne en tenant compte des équations (1)

$$\frac{\frac{\partial x_1}{\partial u}}{\xi_1} = \frac{\frac{\partial x_2}{\partial u}}{\xi_2} = h \quad \text{et} \quad \frac{\frac{\partial x_1}{\partial v}}{\eta_1} = \frac{\frac{\partial x_2}{\partial v}}{\eta_2} = l.$$

On déterminera x_3 par les équations

$$\frac{\partial x_3}{\partial u} = h\xi_3, \qquad \frac{\partial x_3}{\partial v} = l\eta_3.$$

On voit que les points A et B' sont déterminés à une translation près, parallèle à l'axe x_3.

En passant aux éléments focaux, on a le résultat suivant :

Si deux congruences planes δ et δ' se correspondent par orthogonalité des

éléments après une rotation de 90°, effectuée sur l'une d'elles et si Δ *et* Δ' *sont des congruences qui se projettent suivant* δ *et* δ', *il y a des congruences parallèles à* Δ *qui ont pour conjuguées des congruences parallèles à* Δ'.

Congruences qui appartiennent à un complexe linéaire. — Si la congruence AB appartient au complexe linéaire, elle coïncide avec sa conjuguée; sa projection ab possède donc la propriété suivante :

La seconde tangente du réseau a est parallèle à la première tangente du réseau b.

Réciproquement, *si cette propriété existe et si* Δ *est une congruence qui se projette suivant ab, il y a des congruences parallèles à* Δ *qui appartiennent au complexe.*

Je vais montrer qu'on peut choisir le réseau (A) de telle sorte que sa première tangente appartienne au complexe.

Les paramètres de bb_1 sont

$$\frac{\partial\xi_1}{\partial u}-\frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_1, \qquad \frac{\partial\xi_1}{\partial u}-\frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_2.$$

En écrivant que bb_1 est parallèle à aa_1, on a

$$\frac{\dfrac{\partial\xi_1}{\partial u}-\dfrac{1}{n}\dfrac{\partial n}{\partial u}\xi_1}{\eta_1}=\frac{\dfrac{\partial\xi_1}{\partial u}-\dfrac{1}{n}\dfrac{\partial n}{\partial u}\xi_2}{\eta_2}; \tag{3}$$

d'où

$$\eta_1\frac{\partial\xi_2}{\partial u}-\eta_2\frac{\partial\xi_1}{\partial u}=\frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}(\eta_1\xi_2-\eta_2\xi_1).$$

En intégrant et en choisissant convenablement la variable v, on aura

$$\eta_1\xi_2-\eta_2\xi_1=n. \tag{4}$$

Cela posé, soient x_1, x_2, x_3 les coordonnées de A. En exprimant que AB appartient au complexe, on a

$$x_1\xi_2-x_2\xi_1+\mathrm{R}\xi_3=0, \tag{5}$$

d'où l'on déduit

$$x_1\frac{\partial\xi_2}{\partial u}-x_2\frac{\partial\xi_1}{\partial u}+\mathrm{R}\frac{\partial\xi_3}{\partial u}=0. \tag{6}$$

Les valeurs de x_1 et x_2 déduites des équations (5) et (6) satisfont bien à

la condition

$$\frac{\frac{\partial x_1}{\partial u}}{\xi_1} = \frac{\frac{\partial x_2}{\partial u}}{\xi_2} = h.$$

En différentiant les équations (5) et (6) par rapport à v, on aura après réduction

$$\frac{\partial x_1}{\partial v}\xi_2 - \frac{\partial x_2}{\partial v}\xi_1 + n[x_1\eta_2 - x_2y_1 + \mathrm{R}y_3] = 0,$$

$$\frac{\partial x_1}{\partial v}\frac{\partial \xi_2}{\partial u} - \frac{\partial x_2}{\partial v}\frac{\partial \xi_1}{\partial u} + \frac{\partial n}{\partial u}[x_1y_2 - x_2y_1 + \mathrm{R}y_3] = 0,$$

d'où l'on déduit

$$\frac{\partial x_1}{\partial v}\left[\frac{\partial \xi_1}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_1\right] = \frac{\partial x_2}{\partial v}\left[\frac{\partial \xi_1}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_1\right],$$

ou, en tenant compte des équations (3),

$$\frac{\frac{\partial x_1}{\partial v}}{\eta_1} = \frac{\frac{\partial x_2}{\partial v}}{\eta_2} = l.$$

x_1 et x_2 étant déterminés par les équations (5) et (6), on détermine x_3 par les équations

$$\frac{\partial x_3}{\partial u} = h\xi_3, \quad \frac{\partial x_3}{\partial v} = l\eta_3.$$

Dans ces conditions, la première tangente du réseau A appartient au complexe.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Ciamician*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. W. H. Perkin obtient	 39	suffrages
M. Amé Pictet »	 7	»

M. **W. H. Perkin**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de deux membres de la Division des Sciences mathématiques et d'un membre de la Division des Sciences physiques qui feront partie de la Commission du Fonds Bonaparte, en remplacement de MM. *Émile Picard*, *Lallemand*, *Bouvier*, membres sortants non rééligibles.

MM. **E. Fournier**, **G. Kœnigs**, **A. Lacroix** réunissent la majorité absolue des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats à la Chaire d'*Histoire des sciences* au Collège de France.

L'Académie désignera, en la prochaine séance publique, trois membres de la Division des Sciences mathématiques et trois membres de la Division des Sciences physiques, qui, sous la présidence de M. le Président, formeront une Commission qui sera chargée de présenter une liste de candidats au choix de l'Académie pour cette chaire.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** accuse réception de la lettre que lui a adressée l'Académie à la suite du Comité secret du 19 avril dernier et dans laquelle sont posés des principes pour la réforme des Observatoires ainsi que le développement des recherches astronomiques en France, et il invite l'Académie à étudier dans le détail les questions soulevées par cette lettre.

M. **Giacomo Ciamician**, élu Associé étranger, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A naturalist in the Bahamas : John I. Northrup, by Henry Fairfield Osborn.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une famille de fonctions multiformes définies par des équations différentielles du premier ordre.* Note de M. **Pierre Boutroux.**

Dans une Note dernièrement présentée à l'Académie [1], j'ai appliqué à l'équation différentielle

$$(1)\qquad zz' = zmz + 2(x^3 - 1), \qquad m \text{ réel négatif petit},$$

certains résultats auxquels m'a conduit l'étude d'une équation plus générale. Je voudrais présenter à ce sujet quelques remarques complémentaires.

I. *Équations différentielles rationnelles du premier ordre et du premier degré appartenant à la même famille que l'équation* (1). — L'étude des équations rationnelles montre qu'au voisinage d'un point transcendant d'indétermination, que nous supposerons porté en $x = \infty$, les « branches d'intégrales » $z(x)$ obtenues en suivant l'ensemble des rayons convergeant vers ledit point peuvent être de trois types : *type méromorphe* (nombre infini de *zéros* et d'*infinis*, croissance comparable à celle d'une fonction méromorphe); *type entier exponentiel* (pas d'*infini*, infinité de *zéros*, croissance comparable à celle d'une fonction entière); *type algébroïde* (nombre borné de *zéros* et d'*infinis*, branche asymptote à une fonction algébrique). J'envisage, tout d'abord, le cas où, après un changement de variables éventuel (x, x^{μ}), $\left(z, \frac{\alpha z + \beta}{\gamma z + \delta}\right)$ les branches z (définies comme il a été dit) sont du type algébroïde *entier* (asymptotes à des polynomes). Lorsque *toutes* les branches définies par une équation différentielle appartiennent à ce type, je dirai que l'équation est du *type* A. Écrivons, en particulier, l'équation rationnelle sous la forme

$$(2)\qquad (B_0 + B_1 z + \ldots + B_q z^q) z' = A_0 + A_1 z + \ldots + A_p z^p,$$

où les A et B sont des polynomes en x de degrés respectifs $m_0, \ldots, m_p$, $n_0, \ldots, n_q$. Je constate que, si l'équation a pu être ramenée au type A relativement au point $x = \infty$, on aura nécessairement, en appelant i et j des

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 164. Au milieu de cette Note il y a lieu de supprimer la phrase suivante qui y figure à tort, page 166, ligne 9 : (S_1) *transforme le champ* F_1 *en* F_{-1} *et* (S_2) *transforme le champ* F_2 *en* F_{-2}.

indices variant respectivement entre 1 et p et 0 et $(q-1)$:

$$p \leqq q, \qquad \sigma = \frac{(m_0 - n_q + 1)}{q+1} \text{ entier positif,} \qquad m_i < m_0 - \sigma, \qquad n_j < m_0 - \sigma + 1.$$

Toutes les équations (2) *satisfaisant à ces conditions peuvent être étudiées de la même manière au voisinage de $x=\infty$, et dans tout le plan si $x=\infty$ est le seul point transcendant d'indétermination* (il en sera ainsi notamment quand les B n'ont aucune racine commune). *L'intégration de l'équation se ramène alors à l'étude d'un groupe jouissant de propriétés automorphiques du type indiqué par ma dernière Note* (le nombre des substitutions fondamentales étant, d'ailleurs, plus ou moins grand).

II. *Au sens moderne du mot, l'équation* (1) *peut être regardée comme intégrée.* — Nous connaissons, en effet, un paramètre q tel qu'à chaque valeur de q corresponde une et une seule « branche » $z(x)$ sur l'ensemble des rayons issus de $x=\infty$ et parallèles à une direction donnée. Quand $|q|$ est grand, la branche ainsi définie présente exactement [1] quatre points critiques (algébriques); d'ailleurs, pour l'équation (2) envisagée, il est facile de vérifier qu'il en est encore ainsi pour q quelconque. La branche en question est dès lors, dans un champ déterminé, une fonction uniforme dont on connaît les points singuliers (ici quatre) et que l'équation différentielle permet de représenter tout entière par un développement ou un nombre borné de développements convergents. Une telle branche est une fonction «connue», suivant le sens donné à ce mot par M. Painlevé lorsqu'il a découvert les solutions uniformes des équations du second ordre. Par conséquent, l'équation (2) se trouve «intégrée» dès qu'on sait déterminer *l'ensemble des valeurs de q appartenant à une même fonction multiforme $z(x)$*. Or c'est là le problème dont j'ai indiqué une solution. Le groupe de substitutions qui définit les valeurs cherchées de q est obtenu en définissant dans des champs déterminés très simples *deux branches uniformes* de fonctions, $\psi_1(q)$, $\psi_2(q)$. Lesdites branches peuvent être immédiatement calculées dans tout leur champ avec une approximation arbitraire ; nous en connaissons d'ailleurs des propriétés caractéristiques (automorphiques) qui paraissent jouer un rôle fondamental; ces branches doivent donc être regardées comme «connues» (au sens indiqué tout à l'heure, qui n'implique pas, bien entendu, que l'étude des propriétés des fonctions ψ soit terminée).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1150.

III. *Équations voisines de l'équation* (1). — Dans l'équation

$$zz' = 3mz + ax^3 + bx^2 + cx + d, \tag{3}$$

partons de $a = 2$, $d = -2$, $b = c = 0$, m petit, et faisons varier les coefficients d'une manière continue. Le paramètre que j'ai appelé q ne cesse pas d'être défini par le développement de z sous la forme

$$x^2 + mx + \ldots + (q + \eta_1 \log x) x^{-2} + \ldots.$$

On constate, d'autre part, que les fonctions substitutrices que j'ai appelées $\psi_1(q)$, $\psi_2(q)$ subsistent également et conservent leurs propriétés. Seules changent (d'une manière continue) les frontières des champs $F_1, \ldots, F_{-2}$ où il faut définir ces fonctions et leurs inverses pour que les substitutions

$$(S_1) = [q, \psi_1(q)], \qquad (S_2) = [q, \psi_2]$$

et leurs inverses, considérées exclusivement dans $F_1, \ldots, F_{-2}$, engendrent, avec $(S_3) = (q, q + 2i\pi\eta_1)$, le groupe entier des substitutions relatives à q. Si l'on fait varier les coefficients de (1) d'une manière *quelconque*, il arrivera dans certaines conditions que les lignes frontières de $F_1, \ldots, F_{-2}$ prendront des formes très différentes de leurs formes initiales, s'enroulant, par exemple, une infinité de fois autour d'elles-mêmes. On peut, cependant, éviter cette dernière complication lorsqu'elle se produit. Il suffit de *changer de système de substitutions fondamentales* (S_1), etc., ou, en d'autres termes, d'adopter un nouveau système de champs F_1, F_{-2} (ne se déduisant pas du premier par variation continue des coefficients $a, \ldots, m$, mais fournissant, comme le premier, des substitutions fondamentales permettant d'engendrer tout le groupe). De cette constatation résulte un nouveau problème, que je n'ai étudié que partiellement : *Pour $a, b, \ldots, m$ situés dans diverses régions* [1] *de leurs plans respectifs, trouver le choix de substitutions fondamentales (univoques dans des champs à déterminer du plan q) qui permet le plus simplement d'engendrer le groupe total.*

---

[1] Un système de valeurs de ces coefficients particulièrement intéressant est celui pour lequel (S_3) se réduit à la substitution identique, en sorte que (S_1), (S_2) et leurs inverses suffisent pour engendrer le groupe. En ce cas, l'équation (1) admet *une* solution polynomale. Lorsqu'elle admet *deux* telles solutions, l'équation est intégrable par les fonctions elliptiques.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Maurice Janet**, présentée par M. E. Goursat.

1. Soit un système formé d'un nombre fini de *monomes* (M) à n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$; x_i sera dite *multiplicatrice* pour $\overline{M} = x_n^{\alpha_n} x_{n-1}^{\alpha_{n-1}} \ldots x_1^{\alpha_1}$ [2] dans le système (M) si parmi les (M) où $x_n, x_{n-1}, \ldots, x_{i+1}$ ont les exposants $\alpha_n, \alpha_{n-1}, \ldots, \alpha_{i+1}$, il n'y en a pas où x_i ait un exposant supérieur à α_i; on dira qu'un monome *provient de* $\overline{M}$ s'il est le produit de $\overline{M}$ par un monome ne contenant que des variables multiplicatrices de $\overline{M}$.

Un monome ne peut provenir de deux monomes (M) *différents.*

Pour que tout multiple d'un monome du système provienne d'un de ces monomes, il faut et *il suffit qu'il en soit ainsi de tous les produits obtenus en multipliant un* (M) *par une de ses variables non-multiplicatrices.*

Lorsque cette condition sera réalisée, le système (M) sera dit *complet.*

Étant donné un système quelconque de monomes (M), on peut indiquer un *procédé régulier* pour choisir *parmi leurs multiples* des monomes M_1 tels *que le système total* (M, M_1) *soit complet.*

Soit $\overline{M} = x_n^{\alpha_n} x_{n-1}^{\alpha_{n-1}} \ldots x_1^{\alpha_1}$ l'un des monomes du système (M), complet ou non, x_{n-i} une des variables ($i = 0, 1, 2, \ldots, n-1$), β un entier positif ou nul : 1° différent des exposants de x_{n-i} dans ceux des (M) où $x_n, x_{n-1}, \ldots, x_{n-i+1}$ ont les exposants $\alpha_n, \alpha_{n-1}, \ldots, \alpha_{n-i+1}$; 2° inférieur au plus grand de ces exposants. Posons $N = x_n^{\alpha_n} x_{n-1}^{\alpha_{n-1}} \ldots x_{n-i+1}^{\alpha_{n-i+1}} x_{n-i}^{\beta}$. Appelons variables *multiplicatrices* de N : 1° celles des variables $x_n, x_{n-1}, \ldots, x_{n-i+1}$ qui sont multiplicatrices pour $\overline{M}$ dans (M); 2° les variables $x_1, x_2, \ldots, x_{n-i-1}$; nous dirons qu'un monome *provient* de N s'il est le produit de N par un monome ne contenant que des variables multiplicatrices de N.

Tout monome provient soit d'un M, *soit d'un* N; *un monome déterminé ne peut provenir que d'un seul monome* (M *ou* N).

En rapprochant les résultats précédents, on voit que, étant donné un système quelconque de monomes (M), on est en possession d'un procédé régulier pour répartir respectivement : 1° tous les monomes multiples d'un M au moins; 2° tous les autres monomes, en un nombre fini d'en-

---

(1) Séance du 26 avril 1920.

(2) $\overline{M}$ ou $(\overline{\overline{M}})$ désigne toujours dans ce qui suit un monome (M) particulier. Nous comprenons sous le nom de *monome* toute expression $x_n^{\lambda_n} x_{n-1}^{\lambda_{n-1}} \ldots x_1^{\lambda_1}$ où les λ sont des entiers positifs, la valeur o n'étant pas exclue.

sembles sans éléments communs, les monomes d'un ensemble se déduisant d'un monome déterminé en le multipliant par tous les monomes ne contenant que certaines variables déterminées.

$x_n^{\alpha_n} x_{n-1}^{\alpha_{n-1}} \ldots x_1^{\alpha_1}$ est dit *plus haut* ou *plus bas* que $x_n^{\alpha'_n} x_{n-1}^{\alpha'_{n-1}} \ldots x_1^{\alpha'_1}$, suivant que la première des différences $\alpha_n - \alpha'_n$, $\alpha_{n-1} - \alpha'_{n-1}$, ..., $\alpha_1 - \alpha'_1$, qui n'est pas nulle, est *positive* ou *négative*. Bornons-nous à considérer un système complet (M).

Le produit d'un monome provenant de $\overline{\mathrm{M}}$ par une variable non multiplicatrice de $\overline{\mathrm{M}}$ provient d'un monome $\overline{\overline{\mathrm{M}}}$ plus haut que $\overline{\mathrm{M}}$.

Les propriétés précédentes, qu'il a été commode d'énoncer dans le langage algébrique, sont évidemment des propriétés arithmétiques des systèmes de n entiers constitués par les exposants; elles s'appliquent, grâce à des modifications de langage évidentes, aux dérivées d'une fonction de n variables.

2. Soit maintenant un système d'équations aux dérivées partielles, (S). L'attribution de s cotes successives à chacune des inconnues et variables indépendantes, suivant le procédé de M. Riquier, permet la répartition des inconnues et de leurs dérivées en une infinité de classes C_1, C_2, ... dont chacune ne renferme qu'un nombre fini d'éléments; si y, y' appartiennent respectivement à C_i, C_k, on dira que y est antérieure ou postérieure à y' suivant que i est inférieur ou supérieur à k. Supposons que : 1° les premiers membres de (S) sont des dérivées toutes différentes d'une ou plusieurs inconnues; 2° chaque équation ne renferme dans son second membre [1] que des quantités antérieures au premier.

Une des propriétés énoncées au paragraphe 1 permet de définir ce que l'on appellera « fonctions initiales relatives au système des premiers membres ».

Un système tel que (S) admet au plus une solution régulière pour laquelle les fonctions initiales (relatives au système des premiers membres) prennent des valeurs données satisfaisant aux conditions habituelles de régularité.

Appelons (A) un système d'équations obtenu en adjoignant aux (S) un certain nombre de leurs dérivées, de manière que les premiers membres relatifs à une même inconnue forment un système *complet* [2]; variables multiplicatrices, classe de A, les variables multiplicatrices et la classe de son

[1] Outre les variables indépendantes.

[2] Si cette condition est réalisée dans (S) lui-même, on prendra pour (A) les équations (S) elles-mêmes.

premier membre; équation $\mathcal{A}_\rho$ une équation obtenue en dérivant A par rapport à ses seules variables multiplicatrices. Formons la dérivée $\frac{\partial A}{\partial x_i}$ d'une équation A par rapport à une de ses variables non multiplicatrices et la différence B entre $\frac{\partial A}{\partial x_i}$ et l'équation $\mathcal{A}_\rho$, qui a même premier membre.

Pour que l'on ne puisse déduire de (S) par dérivations et combinaisons aucune relation (différentielle ou autre) entre les « fonctions initiales relatives au système des premiers membres », il faut et *il suffit que chaque équation* B *soit conséquence « algébrique » des* $\mathcal{A}_\rho$ *de classes inférieures à la classe de l'équation* $\frac{\partial A}{\partial x_i}$ *qui a servi à former* B (*conditions* C).

On peut dire dans ce cas que (S) est *complètement intégrable*.

3. Un système (S) complètement intégrable a effectivement une solution régulière pour laquelle les fonctions initiales (relatives au système des premiers membres) prennent des valeurs arbitraires données (sous les conditions habituelles de régularité).

La démonstration de « convergence » que nous avons obtenue est simple et fournit tout naturellement, en plus du théorème fondamental, les généralisations qu'a indiquées ultérieurement M. Riquier [1].

4. Supposons (S) linéaire et complètement intégrable. Désignons par *expression* A l'expression obtenue en retranchant le second membre de l'*équation* A du premier. Les conditions (C) constituent un système linéaire d'équations aux dérivées partielles auxquelles satisfont identiquement les *expressions* A; faisons abstraction de la signification des A, que nous considérons maintenant comme autant d'inconnues, et considérons les quantités $\frac{\partial A}{\partial x_i}$ comme les « premiers membres ». Le système ainsi obtenu S_2 satisfait à la condition (1°); *il satisfait à la condition* (2°) *moyennant un choix convenable de cotes; il est de plus complètement intégrable*. Les conditions d'intégrabilité, écrites comme il est indiqué au paragraphe 2, conduiront à un nouveau système S_3; etc. *La chaîne de systèmes ainsi formée est finie; l'indice k du dernier système est au plus égal à* $n+1$.

(1) Tout système peut se ramener, sans changement de variables ni de fonctions, à la forme canonique de M. Riquier. Il existe des systèmes qui ne peuvent être ramenés à la forme canonique (très générale d'ailleurs) de M. Delassus, même lorsqu'on utilise les changements de variables (voir Gunther, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1147).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *L'analyse des tenseurs antisymétriques et les formes symboliques de différentielles.* Note de M. **G. Cerf**, présentée par M. E. Goursat.

Une classe remarquable, parmi les tenseurs d'un espace à un nombre quelconque n de dimensions, est constituée par ceux que M. Einstein appelle tenseurs *antisymétriques;* pour eux, deux des composantes (covariantes ou contrevariantes), dont les désignations ne diffèrent que par l'ordre des indices qui les caractérisent, sont égales ou opposées suivant que les permutations des deux groupes d'indices sont de même classe ou de classes différentes. Nous ne nous occuperons dans ce qui suit que des tenseurs de cette espèce; en général, nous ne raisonnerons que sur des tenseurs de rang 2, mais les indications données seront valables pour un rang quelconque.

Un champ de tenseurs antisymétriques covariants de rang 2, F, est donné par $\frac{n(n-1)}{2}$ composantes $F_{\lambda\mu}$ correspondant chacune à une des combinaisons de n objets deux à deux; les autres composantes se déduisent de celles-là suivant une règle qui résulte immédiatement de la définition; les expressions $F_{\lambda\mu}$ sont des fonctions des n coordonnées que l'on peut prendre pour coéfficients d'une forme symbolique de différentielles du deuxième degré à n variables :

$$\omega = \Sigma F_{\lambda\mu}\, dx_\lambda\, dx_\mu.$$

Lorsqu'on effectue une transformation quelconque de coordonnées, les nouvelles composantes du tenseur sont égales aux coefficients de la nouvelle forme obtenue à partir de ω par le changement de variables correspondant. La liaison établie entre le tenseur covariant et la forme symbolique est donc indépendante du choix des coordonnées. A la forme ω', dérivée de ω, et supposée non identiquement nulle, correspond un tenseur antisymétrique G de rang 3, covariant, qui est la *rotation* de F. D'après une propriété connue, $\operatorname{rot} G = 0$; de là, l'interprétation de la relation $\operatorname{rot} F = 0$, qui est équivalente à $F = \operatorname{rot} f$, f étant un vecteur covariant.

Cela est indépendant de la définition métrique de l'espace où nous opérons; soient maintenant

$$ds^2 = \sum g_{ik}\, dx_i\, dx_k$$

la forme quadratique fondamentale au moyen de laquelle cette définition

est obtenue, g le discriminant de cette forme (nous le supposons égal à l'unité, ce qui ne restreint pas la généralité des résultats), g_{ik} le mineur de g_{ik} dans g; effectuons dans ω la substitution de $\sum_k \mathrm{g}_{ik}\, dx_k$ à dx_i; soit ϖ la nouvelle forme symbolique obtenue

$$\varpi = \sum \mathrm{F}^{\lambda\mu}\, dx_\lambda\, dx_\mu,$$

les expressions $\mathrm{F}^{\lambda\mu}$ sont les composantes contrevariantes de F.

Nous définissons le *flux* du tenseur F à travers une multiplicité à $n-2$ dimensions M_{n-2} par l'intégrale $\int_{\mathrm{M}_{n-2}} \Pi$, où

$$\Pi = \sum \mathrm{F}^{\lambda\mu}\, dx_{\alpha_1}\, dx_{\alpha_2} \ldots dx_{\alpha_{n-2}},$$

$\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{n-2}$ étant $n-2$ indices différents de λ et μ et rangés de telle façon que la permutation $\lambda\mu\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{n-2}$ soit de classe paire. La condition pour que le flux de F à travers une multiplicité M_{n-2} fermée limitant une multiplicité M_{n-1} soit nul, est $\int_{\mathrm{M}_{n-1}} \Pi' = 0$; les coefficients de Π' sont ceux d'un vecteur contrevariant; nous posons :

$$\mathrm{H} = \operatorname{div} \mathrm{F} \qquad \text{avec} \qquad \mathrm{H}^\alpha = \sum_\beta \frac{\partial \mathrm{F}^{\alpha\beta}}{\partial x_\beta}.$$

Si nous étions partis d'un tenseur d'ordre $p\ (p > 2)$, la divergence serait un tenseur d'ordre $p-1$.

Avec ces notations, les équations du champ électromagnétique deviennent :

$$\left.\begin{array}{l}\operatorname{rot} \mathrm{F} = 0\\ \operatorname{div} \mathrm{F} = \mathrm{S}\end{array}\right\} \quad n = 4,$$

F étant le tenseur de rang 2, rotation du tétrapotentiel, S le vecteur contrevariant représentant le tétracourant.

L'introduction des formes symboliques de différentielles dans la théorie des tenseurs antisymétriques, permet de donner une méthode conduisant à la détermination de systèmes de coordonnées où l'expression d'un tenseur déterminé se simplifie. Il suffit d'utiliser la réduction de la forme ω à une forme canonique analogue à celle d'une équation de Pfaff (¹); on voit qu'on

(¹) GOURSAT, *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3ᵉ série, t. 7, 1915 (1917), p. 11.

peut exprimer les composantes du tenseur F, linéairement au moyen des composantes des rotations de $r+1$ vecteurs, r étant le nombre dont j'ai indiqué précédemment la détermination précise; d'ailleurs, par le changement de coordonnées conduisant à la réduction, quand elle est possible, du nombre des variables au moyen desquelles s'exprime ω, on est conduit à un système qui peut présenter certains avantages.

HYDRAULIQUE. — *Application du principe des images aux chambres d'eau.* Note (¹) de M. C. **Camichel**, transmise par M. A. Blondel.

L'objet de cette Note est l'application aux chambres d'eau du principe des images de lord Kelvin et sa vérification expérimentale par la méthode étudiée dans de récentes Communications (²).

Si l'on considère, dans un fluide en mouvement, deux régions A_1 et A_2 séparées complètement par une surface continue fixe Σ, on dit que le mouvement de A_2 est l'image du mouvement de A_1 par rapport à la surface Σ et inversement, quand aucun élément de A_1 ou de A_2 ne traverse Σ. On peut alors remplacer Σ par une *cloison rigide* et supprimer A_2 sans modifier le mouvement de A_1, et inversement supprimer A_1 sans modifier le mouvement de A_2. Cette dernière remarque montre l'importance que cette surface Σ est susceptible d'avoir dans les applications.

Prenons, par exemple, la chambre d'eau déjà étudiée (³) et disposons une paroi verticale au voisinage de l'orifice en mince paroi et parallèlement à l'une des parois de la chambre.

Les surfaces équipotentielles et les lignes de courant obtenues coïncident exactement avec les surfaces équipotentielles et les lignes de force correspondant au cas de deux masses égales et de même signe en coïncidence, l'une avec la source équivalant à l'orifice en mince paroi (³), l'autre avec la symétrique de cette source par rapport à la paroi verticale. Dans ce cas, la surface Σ est constituée par cette paroi.

Citons l'expérience suivante : le diamètre de l'orifice est 1^{cm}, la distance de son centre à la paroi est 3^{cm}, la hauteur du niveau de l'eau au-dessus du plan de l'orifice est 33^{cm}; r_1 désignant la distance d'un point d'une courbe

(¹) Séance du 3 mai 1920.
(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 881 et 986.
(³) *Loc. cit.*

équipotentielle à la première source, r_2 la distance du même point à la deuxième source, on a, par exemple :

r_1 (en millimètres)....	84,0	75,0	69,0	63,0
r_2 (en millimètres)....	119,5	154,0	197,5	230,0
$1000\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$......	20,3	19,8	19,6	20,2

On voit donc que $\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}$ est sensiblement constant.

Pour obtenir d'une façon complète la répartition des vitesses dans la chambre d'eau, il suffira donc, dans le cas étudié, de déterminer les surfaces équipotentielles comme si l'on avait affaire à deux masses électriques égales et de même signe, symétriques par rapport à la paroi verticale, et de n'envisager que la partie du liquide située d'un côté de cette paroi.

Il serait facile de citer d'autres exemples analogues montrant l'utilité du principe des images en Hydraulique.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Les nouvelles équations fondamentales de la gravifique.* Note de MM. **Th. De Donder** et **H. Vanderlinden**, présentée par M. Appell.

Dans la théorie gravifique actuellement admise, la force généralisée est toujours nulle; il en résulte qu'il serait impossible de construire un atome d'une manière purement électromagnétique. Nous allons modifier cette théorie, *tout en conservant le principe d'Hamilton,* généralisé par M. H.-A. Lorentz, et nous trouverons que la face généralisée

$$\boxed{\mathfrak{F}_i = \frac{d\Gamma}{dx_i}} \qquad (i=1, 2, 3, 4),$$

où

$$\Gamma \equiv (kC + 2a)\sqrt{-g},$$

est, en général, *différente de zéro.*

La courbure totale peut s'écrire

$$C \equiv \frac{1}{2}\sum_\alpha \sum_\beta g^{\alpha\beta} G_{\alpha\beta},$$

en utilisant les notations $g^{\alpha\beta}$ et $G_{\alpha\beta}$ d'Einstein.

Les symboles k et a représentent deux constantes universelles.

1. *Principe d'Hamilton généralisé.* — Annulons la variation de l'intégrale quadruple

$$\int (a + kC + \Lambda)\sqrt{-g}\, dx_1\, dx_2\, dx_3\, dx_4,$$

où Λ représente *la fonction caractéristique* du système étudié.

Nous prendrons comme variables *les nouveaux potentiels*

$$\gamma_{\alpha\beta} \equiv g_{\alpha\beta}(-g)^{-\frac{1}{2}},$$

et les mineurs correspondants, divisés par le déterminant γ formé au moyen de ces fonctions $\gamma_{\alpha\beta}$; d'où

$$\gamma^{\alpha\beta} \equiv g^{\alpha\beta}(-g)^{\frac{1}{2}}.$$

Si nous introduisons les lagrangiens par rapport aux $\gamma^{\alpha\beta}$

$$\diamond^{\alpha\beta} \equiv \frac{d}{d\gamma^{\alpha\beta}} - \sum_{\lambda} \frac{d}{dx_\lambda}\left(\frac{d}{d\gamma^{\alpha\beta,\lambda}}\right) + \sum_{\lambda\nu} \frac{d^2}{dx_\lambda\, dx_\nu}\left(\frac{d}{d\gamma^{\alpha\beta,\lambda\nu}}\right),$$

les dix équations différentielles de la gravifique deviennent

$$\diamond^{\alpha\beta}(l^* + L) = 0,$$

en posant

$$l^* \equiv (a + kC)\sqrt{-g}$$

et

$$L \equiv \Lambda\sqrt{-g}.$$

Le *tenseur symétrique* est défini par

$$\mathcal{S}_{\alpha\beta} \equiv \mathcal{S}_{\beta\alpha} \equiv -(1 + \varepsilon_{\alpha\beta})\diamond^{\alpha\beta} L,$$

où $\varepsilon_{\alpha\alpha} = 1$ et $\varepsilon_{\alpha\beta} = 0$ quand α est différent de β.

Les équations différentielles de la gravifique peuvent s'écrire maintenant

$$\boxed{k G_{\alpha\beta} + a g_{\alpha\beta} = S_{\alpha\beta}}$$

Il en résulte immédiatement que

$$S \equiv \sum_{\beta} S_{\beta}^{\beta} = 2\Gamma,$$

après avoir introduit le *tenseur asymétrique*.

$$S_i^{\beta} \equiv \sum_{\alpha} \gamma^{\alpha\beta} S_{\alpha i}.$$

2. *Théorème du tenseur asymétrique.* — Ce théorème s'exprime par

$$\sum_\beta \left[\frac{dS_i^\beta}{dx_\beta} - \frac{1}{2} \sum_\alpha \sum_\nu \gamma^{\alpha\beta} \gamma_{\nu\beta,i} S_\alpha^\nu \right] = \frac{dT}{dx_i}$$

et se déduit de l'*identité*

$$\sum_\beta \frac{d \sum_\alpha \gamma^{\beta\alpha} G_{\alpha i}}{dx_\beta} \equiv \frac{1}{2} \sum_\alpha \sum_\beta \gamma^{\alpha\beta} G_{\alpha\beta,i}.$$

Par définition, les premiers membres des équations ci-dessus sont les composantes de la *force généralisée* $\mathfrak{F}_i (i = 1, 2, 3, 4)$. On aura donc les relations annoncées au début de cette Note.

Le théorème des tenseurs gravifiques se déduit aisément des nouvelles équations différentielles gravifiques.

3. *Cas du champ électromagnétique pur.* — Dans ce cas on prendra (¹)

$$L = \left[\frac{1}{4} \sum_\alpha \sum_\beta (-1)^{\alpha+\beta+1} M_{\alpha\beta} M_*^{\alpha\beta} \right] U,$$

où

$$U \equiv \sqrt{\sum_\alpha \sum_\beta g_{\alpha\beta} u^\alpha u^\beta} = 1,$$

la vitesse généralisée de l'électricité étant représentée par $u^\alpha \equiv \frac{dx_\alpha}{ds}$.

Nous trouvons que

$$S = -L \quad \text{et} \quad \mathfrak{F}_i = -\frac{1}{2} \frac{dL}{dx_i}.$$

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une méthode universelle de mesure et de compensation de l'astigmatisme instrumental.* Note de M. **Jacques Carvallo**, présentée par M. L. Favé.

Il s'agit uniquement de l'astigmatisme des rayons centraux qui constitue un des vices de construction les plus fréquents des systèmes optiques industriels. Il se manifeste par ce fait que les images de deux droites orthogo-

(¹) Th. De Donder, *Théorie du champ électromagnétique de Maxwell-Lorentz et du champ gravifique d'Einstein* (*Archives du Musée Teyler*, 2ᵉ série, t. 3, Haarlem) [voir p. vii, 12, 89]. Paris, Gauthier-Villars, 1920.

nales, contenues dans un même plan de visée, ne sont pas situées dans un même plan.

En dehors des vices de montages, faciles à éviter, ce défaut est dû soit à un défaut de sphéricité des dioptres du système, soit à un défaut d'homogénéité des verres constituant les lentilles et donne lieu à d'importants rebuts de fabrication. La présente méthode permet, presque toujours, de tirer parti des éléments optiques défectueux, car l'expérience montre que *leurs défauts sont le plus souvent assez réguliers pour ne pas donner lieu à autre chose qu'à de l'astigmatisme pur*. On obtiendra par exemple un objectif achromatique à deux verres, dénué d'astigmatisme, en accouplant deux éléments présentant des astigmatismes égaux à condition de les orienter convenablement l'un par rapport à l'autre. Les images restent très belles.

On dit qu'un élément optique présente de l'astigmatisme pur lorsqu'il transforme un faisceau parallèle incident, non plus en un faisceau homocentrique, mais en un faisceau s'appuyant sur deux droites orthogonales. Si F_1 et F_2 représentent les distances de ces deux droites focales au centre optique, les convergences $C_1 = \frac{1}{F_1}$ et $C_2 = \frac{1}{F_2}$ sont appelées les convergences principales; $C = \frac{C_1 + C_2}{2}$ est la convergence moyenne. J'appelle astigmatisme la différence $A = C_1 - C_2$, plan principal d'astigmatisme le plan de convergence maxima. Quand on accole deux éléments optiques d'astigmatisme a et a', ceux-ci s'ajoutent si les deux plans principaux d'astigmatisme coïncident, se retranchent si les deux plans sont à angle droit. Dans ce cas, si $a = a'$, l'astigmatisme résultant $A = a - a'$ est nul. La convergence résultante est alors égale à la somme des convergences moyennes des deux éléments.

De là l'intérêt d'une détermination expérimentale de l'astigmatisme d'un élément optique. Il faut tout à la fois mesurer A et définir la position du plan principal d'astigmatisme. Tous les problèmes d'astigmométrie instrumentale peuvent être résolus grâce au théorème suivant :

Si deux éléments astigmates, disposés à distance finie l'un de l'autre sur un même axe optique, ont pu être réglés de façon à constituer un ensemble dénué d'astigmatisme, on peut affirmer :

1° Que les plans principaux d'astigmatisme sont à angle droit;

2° Que les astigmatismes sont inversement proportionnels au carré des distances de l'image intermédiaire à chacun des deux éléments.

Soient, en effet, c_1, c_2, a, C_1, C_2, A, les convergences principales et les astigmatismes des deux éléments. Le premier fournit, pour une source ponctuelle située à une distance p de son centre optique, deux droites focales situées à des distances respec-

tives p'_1 et p'_2 telles que

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'_1} = c_1, \qquad \frac{1}{p} - \frac{1}{p'_2} = c_2,$$

d'où l'on tire

$$\frac{p'_1 - p'_2}{p'_1 p'_2} = c_1 - c_2,$$

qui peut s'écrire, en posant

$$p' = \frac{p'_1 + p'_2}{2},$$

et confondant $p'_1 p'_2$ avec p'^2,

(1) $$p'_1 - p'_2 = p'^2 a.$$

Le faisceau issu du premier élément étant repris par le second, celui-ci agit en sens inverse du premier si les deux plans principaux sont à angle droit. Si P_1 et P_2 représentent les distances des deux focales au centre optique du second élément et si

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

est leur valeur moyenne, celui-ci donnera à nouveau une image ponctuelle si

$$P_1 - P_2 = P^2 A;$$

mais comme

$$P_1 - P_2 = p'_1 - p'_2,$$

il vient finalement

(2) $$\frac{a}{A} = \frac{P^2}{p'^2}.$$

En accolant deux lentilles plan cylindriques minces, de convergences c égales et de signes contraires, susceptibles de tourner autour de leur axe optique commun de quantités α constamment égales et de signes contraires, on obtient un élément optique dont l'astigmatisme résultant a pour valeur

(3) $$a = 2c \sin 2\alpha,$$

dont la convergence moyenne est nulle et dont l'axe principal d'astigmatisme a une direction fixe dans l'espace. C'est ce que j'appelle un *astigmo-compensateur*. Un tel appareil permet évidemment de mesurer un astigmatisme A d'un ordre de grandeur quelconque : il suffit pour cela de savoir placer le plan principal de A perpendiculairement à celui de a, de disposer d'une mire et d'un dispositif d'observation de l'image de celle-ci à travers les deux éléments a et A, particulièrement sensibles à l'astigmatisme et enfin de choisir des valeurs convenables de P et p'. La mesure consiste alors à supprimer l'astigmatisme résultant en agissant simplement sur α. A s'exprime facilement en fonction de α.

A titre d'exemple, voici la manière la plus simple de mettre en œuvre cette méthode pour l'étude des éléments convergents :

La mire M est constituée par un cercle et deux diamètres perpendiculaires. Elle est placée devant le compensateur bicylindrique a à une distance p de celui-ci et orientée de manière que l'un de ses diamètres soit parallèle au plan d'astigmatisme fixe du compensateur. Le compensateur ayant toujours une convergence moyenne nulle donne de la mire une image astigmate virtuelle dont le plan moyen coïncide avec la mire elle-même et $p' = p$. L'élément convergent A à étudier est placé plus loin, au delà du compensateur, à une distance P de la mire et fournit de celle-ci une image réelle qu'on examine avec un oculaire aussi puissant que possible. La sensibilité se règle très facilement en agissant sur P et p. Lorsque le compensateur est au zéro, l'astigmatisme de A se manifeste par un trouble de l'image : le cercle apparaît flou sauf en deux régions diamétralement opposées qu'il est possible de mettre au point. Ces deux régions nettes tournent en même temps que A ; elles indiquent le plan principal d'astigmatisme de A. On fixe alors cette lentille dans une position telle que les deux régions nettes du cercle apparaissent aux deux extrémités d'un des diamètres. Il n'y a plus qu'à agir sur le compensateur pour rendre le cercle parfaitement net sur tout son contour et ramener les deux diamètres de l'image dans le même plan ; la sensibilité est d'autant plus grande que l'oculaire est plus fort. Quant à la puissance, elle est à peu près illimitée ; j'ai pratiqué par exemple couramment le millième de dioptrie sur des lentilles de 15^{cm} de foyer, le dix-millième, et même moins, sur des lentilles de $1^{m},50$ de foyer.

Cette méthode a été exploitée régulièrement pendant plusieurs années dans un atelier de construction d'instruments d'optique. Elle a permis, par exemple, d'obtenir d'excellents objectifs, de 1^{m} à $1^{m},50$ de foyer avec des éléments *polis au drap* et par conséquent très bon marché qui eussent été sans cela totalement insuffisants.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation de l'étain et de l'antimoine. Dosage de l'étain par le cupferron.* Note de MM. **A. Kling** et **A. Lassieur**, présentée par M. A. Haller.

Les *Comptes rendus* de la séance de l'Académie des Sciences du 26 avril renferment une Note de M. Auger, relative au cupferron et à son emploi en analyse chimique. Ayant étudié nous-mêmes ce réactif et l'ayant utilisé avec succès dans un certain nombre de cas, nous citerons un exemple dans lequel son emploi nous a été particulièrement précieux, celui du dosage de l'étain. La question qui s'est posée à nous est celle de la séparation de l'étain et de l'antimoine. Nous avons examiné les nombreuses

méthodes décrites, et aucune ne nous a donné satisfaction. La méthode qui passe pour la plus sûre est celle de F. W. Clarke [1], elle consiste à précipiter l'antimoine par l'hydrogène sulfuré en milieu fortement oxalique, l'étain reste en solution. Cette méthode a déjà été critiquée, notamment par Vortmann et Metzel [2] qui ont remplacé l'acide oxalique par l'acide phosphorique. Cette modification nous a bien donné pour l'antimoine des résultats à peu près corrects, mais tout à fait mauvais pour l'étain. Les procédés par oxydation (bromate, permanganate) sont médiocres et présentent l'inconvénient de ne pas être spécifiques; enfin, les méthodes de séparation basées sur la distillation du chlorure d'antimoine, dont la plus connue est celle de Plato [3], ont le défaut d'exiger un appareil compliqué et des soins peu compatibles avec un travail en série.

Nous avons, au contraire, obtenu toute satisfaction en séparant l'étain de l'antimoine par l'hydrogène sulfuré en milieu fluorhydrique. Cette méthode n'est d'ailleurs pas nouvelle, elle a fait l'objet d'un certain nombre de Mémoires, son exactitude ayant été attestée ou niée par plusieurs auteurs. Le principe en est le suivant : on sait que les sels stanniques, mis en présence d'acide fluorhydrique, forment un complexe de constitution mal connue dans lequel l'ion stannique est dissimulé; ce fait permet de séparer l'étain des éléments voisins, l'antimoine par exemple, soit par l'hydrogène sulfuré, soit par électrolyse.

Il est ensuite facile de faire reprendre à l'étain sa forme ionique, par addition d'acide borique à la solution; celui-ci détermine, en effet, la destruction du complexe fluorhydrique. Nous avons suivi le mode opératoire de Le Roy W. Mac Cay [4] en y apportant cependant certaines modifications; en outre, nous avons dosé l'étain à l'état de SnO^2, après précipitation par le cupferron.

La solution chlorhydrique des deux métaux ($0^g,3$-$0^g,4$ au plus), oxydée par le chlorate de potasse, est neutralisée par la soude en présence de méthylorange. Elle est acidifiée par l'acide chlorhydrique, puis on ajoute 5^g à 6^g d'acide tartrique, chauffée jusqu'à limpidité parfaite de la solution,

---

(1) TREADWELL, *Analyse quantitative*, p. 231.
(2) *Zeit. für anal. Ch.*, t. 44, 1905, p. 525.
(3) *Zeit. für anal. Ch.*, t. 50, 1911, p. 641.
(4) *J. amer. chem. Soc.*, t. 31, 1909, p. 373-381.

puis refroidie et placée dans un vase d'Erlenmeyer paraffiné, de 500^{cm^3}. Il est alors nécessaire d'ajouter 10^{cm^3} d'acide fluorhydrique et d'abandonner au repos la solution pendant une demi-heure. Au bout de ce temps, dans le liquide 10^g d'acétate de soude sont dissous dans celle-ci qui est étendue à 300^{cm^3} et traitée par un courant d'hydrogène sulfuré pendant une heure. L'antimoine est précipité. La filtration a lieu sur entonnoir de Gooch, le précipité est lavé avec de l'eau saturée d'hydrogène sulfuré renfermant un peu d'acétate d'ammoniaque; on ne peut songer à le peser; en effet, si la filtration a été faite sur papier, on ne peut sécher à 300° comme il est nécessaire, sans voir le papier se carboniser. Si l'on filtre sur creuset de Gooch, l'acide fluorhydrique, réagissant sur l'amiante et sur la porcelaine, leur fait perdre du poids. Il faut donc redissoudre le précipité dans 20^{cm^3} d'acide chlorhydrique, porter à l'ébullition et ajouter une petite quantité de chlorate de potasse pour compléter la solution. Après filtration, on reprécipite le sulfure d'antimoine qui est séché à 300° dans un courant de gaz carbonique, puis pesé. Dans le liquide, débarrassé de l'antimoine, on ajoute 10^g d'acide borique. Cette addition amène une précipitation partielle de sulfure d'étain. On porte à l'ébullition (dans un vase de verre) en ajoutant de l'eau oxygénée, pour oxyder le sulfure d'étain. La solution devenue parfaitement limpide est refroidie et additionnée d'une solution de cupferron à 10 pour 100. Il se forme un précipité blanc, caillebotté, qui se rassemble au fond du vase. La filtration est très aisée, on lave à l'eau froide, sèche et calcine, on pèse SnO^2. Les résultats sont très satisfaisants, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en examinant les chiffres suivants :

Théorie.		Trouvé.	
Sn.	Sb.	Sn.	Sb.
0,198	0,0428	0,197	0,042
0,305	0,0042	0,305	0,0038
0,326	0,118	0,327	0,117

Le dosage de l'étain par le cupferron nous semble être la forme de choix pour la détermination de cet élément. On sait combien, en général, son dosage est malaisé et combien il est difficile d'obtenir des nombres exacts, l'acide stannique et le sulfure d'étain retenant opiniâtrement des impuretés desquelles il est difficile de les priver. Ici rien de semblable, on obtient un précipité d'une filtration et d'un lavage particulièrement faciles, conduisant à des résultats irréprochables.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la méthode d'enrichissement modifiée par l'analyse des chlorobenzènes industriels.* Note [1] de M. F. BOURION et CH. COURTOIS, présentée par M. A. Haller.

Dans le but d'obtenir des résultats corrects pour les polychlorés par la méthode d'enrichissement indiquée par l'un de nous dans une Communication précédente [2], nous lui avons fait subir une retouche.

Nous avons vu que, pour avoir par cette méthode la teneur des polychlorés dans le résidu, on est amené à diviser l'excès de densité de ce résidu sur celle du chlorobenzène pur par un paramètre C variable, dont nous avons la connaissance exacte en analysant le chlorobenzène brut par distillation.

Or, en réalisant des mélanges synthétiques de benzène, de chlorobenzène et de divers polychlorés tels que le paradichlorobenzène, le tétrachlorobenzène (1, 2, 4, 5) et de chlorure de Julin C^6Cl^6, nous nous sommes rendu compte que le coefficient C croissait, en même temps que la densité de ces derniers, et d'autant plus que la proportion du polychloré le plus dense était plus élevée. Il est aisé d'établir cette relation théoriquement.

Si nous supposons un premier chlorobenzène où le seul représentant des polychlorés soit le paradichlorobenzène, de densité d_2 à l'état liquide, et un autre chlorobenzène brut qui, en outre du paradichlorobenzène, contient un autre polychloré de densité à l'état liquide $d_3 > d_2$, et si nous désignons par C_2 la concentration commune des polychlorés dans les résidus obtenus après enrichissement des chlorobenzènes bruts, on a

$$(1) \qquad C = \frac{d - d_1}{C_2}, \qquad C' = \frac{\delta - d_1}{C_2},$$

C' étant la valeur du paramètre C pour le deuxième chlorobenzène, et d et δ les densités des deux résidus après enrichissement.

En admettant l'hypothèse légitime que dans ces mélanges la densité est une propriété additive [2], il est aisé d'établir que

$$(2) \qquad 100\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{\delta}\right) = \gamma_3 \frac{d_3 - d_2}{d_2 d_3},$$

γ_3 étant la concentration pour 100 du polychloré le plus dense dans le deuxième résidu, comme $d_3 > d_2$, on a $d < \delta$, et, par suite, d'après (1),

$$C' > C.$$

(1) Séance du 3 mai 1920.

(2) F. BOURION, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 933.

L'égalité (2) montre, en outre, que δ est d'autant plus grand par rapport à d, et, par suite, C' par rapport à C, que γ_3 est plus grand.

Si donc les corps purs dont le mélange constitue les polychlorés avaient tous la même chaleur latente de vaporisation et la même température d'ébullition, en arrêtant la distillation à cette température, on retrouverait les polychlorés dans le rapport relatif où ils existent dans le chlorobenzène primitif; et en appelant C_1 et C_2 les concentrations pour 100 du chlorobenzène et des polychlorés dans le résidu après enrichissement, et Δ la densité du mélange liquide des polychlorés, on pourrait, par la relation

$$\frac{C_1}{d_1} + \frac{C_2}{\Delta} = \frac{100}{d},$$

calculer d en déterminant Δ à partir de chlorobenzènes synthétiques de concentrations connues C_1 et C_2, et ensuite, par la formule (1), calculer le paramètre C; on établirait ainsi une échelle de correspondance de C et de Δ.

Mais cette double propriété n'étant pas réalisée, nous avons établi par empirisme la relation entre C et la densité Δ du résidu de distillation à 160°, et non à la température d'ébullition 172° du paradichlorobenzène; d'autres raisons ont dicté ce choix : en particulier des corps comme les dérivés monochlorés du toluène dans le noyau, qui distillent au voisinage de 160°, sont estimés presque totalement comme polychlorés dans la méthode par distillation, et n'existeraient plus dans le résidu dont on détermine la densité Δ, si l'on arrêtait la distillation à 172°.

En outre, pour avoir un résidu qui, dans tous les cas, soit liquide, nous avons pris sa densité à 40°.

Nous avons alors constaté que, pour un chlorobenzène brut réalisé avec un benzène de bonne qualité, on avait

$$C = 0,00170 \quad \text{et} \quad \Delta_{40}^{4} = 1,282,$$

puisqu'avec un chlorobenzène brut obtenu à partir d'un benzène synthétique renfermant 0,85 pour 100 de thiophène on a

$$C = 0,00212 \quad \text{avec} \quad \Delta_{40}^{4} = 1,351.$$

L'expérience a montré que les paramètres C qui s'échelonnent de 0,00170 à 0,00215 sont bien représentés en fonction de Δ par une formule parabolique de la forme

$$\Delta = \alpha + \beta C + \gamma C^2. \qquad (3)$$

On a d'abord, pour déterminer α, β, γ, les deux relations

(4) $$1,282 = \alpha + 0,00170\beta + \overline{0,00170}^2.\gamma,$$

(5) $$1,351 = \alpha + 0,00212\beta + \overline{0,00212}^2.\gamma.$$

Nous en avons une troisième en remarquant que, au voisinage de $C = 0,00212$, à une variation de C égale à 0,00001, correspond une variation de Δ égale à 0,0025, et, si nous confondons les petites variations avec les différentielles, on tire de

$$\frac{d\Delta}{dC} = \beta + 2\gamma C$$

l'équation

(6) $$\frac{0,0025}{0,00001} = \beta + 2 \times 0,00212.\gamma.$$

Des équations (4), (5) et (6) nous tirons

$$\alpha = 1,7352, \qquad \beta = -615,3, \qquad \gamma = 204080$$

et la relation (3) peut s'écrire

(3') $$\Delta = 1,7382 - 615,3C + 204080C^2.$$

Pour les chlorobenzènes qui possèdent un paramètre C s'échelonnant de 0,00161 à 0,00170, et qu'on réalise à partir de benzènes extraits par distillation de chlorobenzènes bruts, on représente également bien C en fonction de Δ par une formule parabolique. A l'aide de ces relations, on dresse aisément un tableau de correspondance de C et de Δ.

La méthode d'enrichissement modifiée comporte donc, outre la première partie où l'on réalise une distillation et la détermination de deux densités, une opération supplémentaire comprenant une distillation poussée jusqu'à 160° et la mesure de la densité à 40° du résidu. Cette dernière est très rapide et l'ensemble des deux opérations est aisément effectué en une demi-journée; on obtient ainsi pour les polychlorés des résultats très exacts. Nous indiquons ici, parmi les 56 cas expérimentés, les résultats les plus défavorables :

Polychlorés %.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
A partir de Δ...	8,63	8,02 7,76	10,93 10,58	8,23 7,84	7,49	8,25 8,20	9,66 9,70	8,40	10,03 9,91
Par distillation.	8,31	7,67	10,42	8,12	7,81	8,66	9,99	7,99	9,65

Nous avons appliqué cette méthode d'enrichissement modifiée à l'examen d'un grand nombre de chlorobenzènes industriels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pelletiérine et la méthylpelletiérine.* Note de M. **Georges Tanret**, présentée par M. L. Maquenne.

La pelletiérine et la méthylpelletiérine sont deux bases de la série des quatre alcaloïdes que Ch. Tanret découvrit, il y a une quarantaine d'années, dans l'écorce de grenadier ([1]). Le problème de leur constitution vient, tout récemment, d'être étudié par Hess et Eichel ([2]) : d'après eux, on doit considérer la pelletiérine comme une pipéridyl-propaldéhyde (I), c'est-à-dire comme l'aldéhyde de la conicine, tandis que la méthylpelletiérine serait une méthyl-pipéridyl-propanone (II), constitution qui est, à très peu près, celle d'un homologue supérieur de l'hygrine des feuilles de coca :

CH^2
CH^2 CH^2
CH^2 $CH - CH^2 - CH^2 - CHO$
NH
(I).

CH^2
CH^2 CH^2
CH^2 $CH - CO - CH^2 - CH^3$
$N - CH^3$
(II).

I. Cependant, au cours de leur travail, Hess et Eichel n'arrivèrent pas à isoler l'alcaloïde doué de pouvoir rotatoire que Tanret avait désigné sous le nom de *pelletiérine* : ils n'obtinrent que l'isomère inactif que Tanret avait dénommé *isopelletiérine*. Et à la suite de leur échec, mettant en doute l'existence de la pelletiérine telle qu'elle avait été primitivement décrite, ils proposèrent de rayer le vocable d'isopelletiérine de la littérature chimique, celui seul de pelletiérine devant être gardé.

Cette double conclusion ne saurait être acceptée. Les faits suivants, en effet, complètent les données de Ch. Tanret et établissent une fois de plus l'existence du pouvoir rotatoire dans la pelletiérine et ses dérivés.

1. Le *sulfate* $(C^8H^{15}NO)^2SO^4H^2$ cristallise avec 3^{mol} d'eau qu'il perd soit à 100°, soit dans le vide sulfurique. Déshydraté, il fond à 133°. Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, est $[\alpha]_D = -30°,3$. Rendement : $0^g,70$ à 1^g par kilogramme d'écorces.

Le *chlorhydrate* $C^8H^{15}NO.HCl$ fond vers 145° et donne $[\alpha]_D = -41°,2$.

([1]) Ch. Tanret, *Comptes rendus*, 1878, 1879, 1880. En particulier Tome 90, 1880, p. 697.

([2]) Hess et Eichel, *Berichte*, 1917 et 1918.

Le *bromhydrate* fond vers 137° : lévogyre, $[\alpha]_D = -32°,5$.

Le *nitrate* fond à 82°-85° : lévogyre, $[\alpha]_D = -34°,8$.

Le *picrate* fond à 131°-132°, le *chloroplatinate* $(C^8H^{15}NO)^2HCl, PtCl^4$ à 214°-216°.

Le *silicotungstate* $(SiO^2, 12TuO^3, 2H^2O, 4C^8H^{15}NO)2H^2O$ perd ses deux molécules d'eau de cristallisation à 100°.

La *pelletiérine* elle-même est lévogyre. En solution éthérée, la base libre a pour pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -31°,1$; en solution aqueuse $-27°,8$.

L'*acétylpelletiérine* $C^8H^{14}NO(CO-CH^3)$ est un liquide bouillant à 205°-210° sous 40^{mm} de mercure; dextrogyre, $[\alpha]_D = +32°,6$. La *benzoylpelletiérine* $C^8H^{14}NO(CO-C^6H^5)$, liquide, ne peut être distillée sans décomposition; dextrogyre, $[\alpha]_D = +18°,7$. La saponification sulfurique de ces deux dérivés conduit à l'obtention, non pas d'une pelletiérine optiquement active, mais de sa forme racémique, l'isopelletiérine.

Le *chlorhydrate de semicarbazone* $C^8H^{15}N(=N-CO-NH-NH^2)$, HCl fond à 168°-170° et est lévogyre, $[\alpha]_D = -10°,8$.

2. Deux ordres de faits peuvent expliquer pourquoi l'activité optique de la pelletiérine est susceptible d'échapper aux recherches.

C'est d'abord la richesse plus ou moins grande des écorces de grenadier en alcaloïde lévogyre, celui-ci pouvant arriver, quoique de façon exceptionnelle, à faire défaut. C'est surtout la sensibilité de la base à la chaleur et aux alcalis qui, en la racémisant, lui font perdre son pouvoir rotatoire. Ainsi, alors qu'il peut être chauffé en solution sulfurique sans altération, son sulfate baisse déjà de pouvoir rotatoire quand on le maintient à 100° en solution neutre. Une solution étendue de pelletiérine mise en présence de petites quantités d'alcali subit lentement à froid, très rapidement à chaud, la même baisse polarimétrique. Quant à l'alcaloïde lui-même, on ne peut le chauffer, même dans le vide et dans un courant d'hydrogène, sans le racémiser en tout ou en partie : après deux tours de distillation (la base bout à 117°-118° sous 52^{mm} de mercure), la racémisation est totale.

On voit donc avec quelle prudence on devra, dans la préparation de la pelletiérine, avoir recours aux alcalis et plus encore aux réactions qui nécessitent l'emploi de la chaleur.

II. De même qu'au cours de leurs distillations fractionnées et de leur séparation de la pelletiérine à l'état d'uréthane, Hess et Eichel n'avaient pu obtenir cet alcaloïde doué de son pouvoir rotatoire normal, les deux

auteurs allemands n'ont pas réussi à isoler la méthylpelletiérine active de Ch. Tanret.

Ici encore les faits suivants mettront hors de doute la solidité de ce dernier travail.

La méthylpelletiérine est un liquide distillant à 106°-108° sous 45^{mm} de mercure. Elle a, telle quelle, un pouvoir rotatoire dextrogyre $[\alpha]_D = +27°,7$ qui s'abaisse, pour des solutions aqueuses à $\frac{1}{10}$, à $+24°,1$. Ce pouvoir rotatoire reste stable même après plusieurs distillations successives et n'est pas influencé par ébullition avec des solutions étendues d'alcali.

La méthylpelletiérine est soluble dans l'eau, à froid, en toutes proportions. Mais au-dessus de 35°,5, sa solubilité varie avec la température, et cela dans deux sens différents. Dans une première phase, correspondant aux concentrations comprises entre 100 et 50 pour 100, la solubilité augmente quand la température croît : dans une deuxième phase, au contraire, correspondant aux concentrations inférieures à 50 pour 100, elle diminue quand la température augmente. On sait que cette diminution de la solubilité à chaud pour les solutions étendues se rencontre aussi dans le cas de la conicine et de quelques autres bases dérivées de la pipéridine : on la trouve, de même, pour la spartéine, comme M. Valeur l'a montré récemment.

La méthylpelletiérine donne des sels bien cristallisés. Le *chlorhydrate* $C^9H^{17}NO, HCl$ fond à 168°-170° et est dextrogyre : $[\alpha]_D = +41°,2$. Le *bromhydrate* fond à 165°-167° et a pour pouvoir rotatoire $+33°,5$. Le *sulfate* donne $[\alpha]_D = +38°$.

Le *picrate* fond à 157°-159°, le *chloroplatinate* à 206°-208°.

La méthylpelletiérine n'est contenue dans les écorces qu'en minime proportion : 3^{cg} au kilogramme environ. Cette faiblesse des rendements contribue à rendre son étude particulièrement délicate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle préparation d'amines par catalyse.* Note (¹) de M. **A. Mailhe**, transmise par M. P. Sabatier.

On sait que l'action des aldéhydes sur l'hydrazine, fournit les aldazines :

$$2RCOH + NH^2.NH^2 = 2H^2O + RCH = N - N = CHR.$$

Cette réaction, violente pour le premier terme, est faible au contraire, au

(¹) Séance du 3 mai 1920.

fur et à mesure que la chaîne aldéhydique s'alourdit, et il est nécessaire de chauffer pendant plusieurs heures le mélange des deux corps en milieu alcoolique, pour terminer la réaction.

En raison du caractère incomplet de ces azines, j'avais pensé que leur hydrogénation sur le nickel conduirait à l'hydrazine symétrique. Il n'en est rien. Même en effectuant la réaction à basse température, la molécule d'aldazine se scinde à l'attache des deux atomes d'azote, et les deux résidus s'hydrogénant fournissent une amine primaire

$$RCH = N - N = CHR + 3H^2 = 2RCH^2NH^2.$$

Le dédoublement d'une chaîne azotée de même nature avait déjà été constatée par Kleiner [1], qui avait montré que les hydrazones sont décomposées en hydrocarbure et azote au contact d'un peu de potasse, que la phénylhydrazine est scindée en présence de chlorure, bromure ou iodure cuivreux à 150°, en aniline et ammoniac. C'est également à cette destruction que sont parvenus MM. Sabatier et Senderens [2], dans l'hydrogénation de la phénylhydrazine à 250°.

J'ai étudié l'hydrogénation d'un certain nombre d'aldazines.

1° *Diéthylidène hydrazine* $CH^3CH = N - N = CHCH^3$. — Lorsqu'on verse de l'hydrate d'hydrazine dans l'aldéhyde ordinaire, il se produit une violente réaction qui vaporise une partie de l'aldéhyde. On peut la modérer en additionnant l'aldéhyde d'un peu d'eau. En ajoutant ensuite au liquide obtenu, de la potasse solide, il se sépare une huile qui distille à 95°-97°.

C'est la *diéthylidène azine*, qui a été déjà préparée par Curtius et Zinkeisen. Lorsqu'on effectue son hydrogénation sur du nickel chauffé à 140°-150°, on constate un abondant dégagement de vapeurs alcalines. Le liquide recueilli, soumis au fractionnement, permet d'isoler : 1° une petite quantité d'un corps bouillant au-dessous de 50°, donnant par action du chloroforme et de la potasse, la réaction de la carbylamine; le liquide se carbonate au contact de l'air; 2° une notable proportion d'un liquide bouillant entre 50° et 75°, qui, après rectification, passe en majeure partie à 55°-60°; il donne un carbonate en aiguilles : c'est la *diéthylamine;* 3° enfin, il distille jusque vers 91°, un liquide constitué par un mélange de diéthylamine et de *triéthylamine*. Le chlorhydrate fait dans l'éther absolu, a fourni des aiguilles qui, séchées à la trompe et lavées à l'éther, ont fourni à l'analyse :

(1) *Journ. Soc. Phys. et Chim. russe*, t. 43, 1911, p. 582.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 35, 1906, p. 259.

Poids de chlorhydrate	$\overset{g}{0{,}53}$
Cl trouvé	0,149
Cl pour $(C^2H^5)^3N.HCl$	0,137

On a affaire à l'amine tertiaire, mélangée d'un peu d'amine secondaire. Ainsi l'hydrogénation de la diéthylidène azine conduit à l'éthylamine, dont la majeure partie échappe à la condensation, en raison de sa volatilité, et à un mélange de diéthylamine et de triéthylamine, provenant du dédoublement de l'amine primaire au contact du nickel.

Il ne s'est pas formé d'hydrazine symétrique, qui bout à 84°-86°, car la portion du liquide, distillant entre 75°-95°, ne réduit pas la liqueur de Fehling à chaud.

2° *Diisobutylidène azine* $(CH^3)^2CH.CH = N - N = CH.CH(CH^3)^2$. — Elle a été isolée par Frank [1]. Je l'ai préparée en mélangeant, d'abord à froid, 1^{mol} d'hydrate d'hydrazine avec 2^{mol} d'aldéhyde isobutyrique, puis après avoir ajouté de l'alcool de manière à rendre le mélange homogène, le liquide a été chauffé au réfrigérant à reflux pendant 6 heures. Après addition d'eau, le liquide surnageant a été additionné de potasse solide, séché et rectifié. Il bout à 160°-165°.

Cette aldazine, hydrogénée sur nickel vers 160°, fournit un fort dégagement d'ammoniac. Le liquide, rectifié directement, donne, après plusieurs distillations fractionnées, deux portions importantes bouillant à 70°-75° et à 135°-140°. Ces points d'ébullition correspondent à ceux de l'*isobutylamine*, bouillant à 69°, et de la *disobutylamine*, bouillant à 139°-140°.

La première donne nettement la réaction de la carbylamine et se carbonate à l'air. La seconde fournit un chlorhydrate cristallisé dans l'éther. Au-dessus de 140° et bouillant jusqu'à 180°, il reste une petite portion de liquide alcalin, contenant sans doute l'amine tertiaire.

On ne constate pas encore ici la présence d'isobutylhydrazine.

3° *Diisoamylidène azine* $C^5H^{10} = N - N = C^5H^{10}$. — J'ai préparé cette aldazine dans les mêmes conditions que la précédente, et également en traitant l'aldéhyde valérique par le sulfate d'hydrazine en présence de soude. C'est une huile qui bout à 205°-210°.

Lorsqu'on l'entraîne sur du nickel divisé, chauffé vers 180°, à l'aide d'un

(1) *Monatshefte für Chemie*, t. 19, n° 5, p. 26.

courant d'hydrogène assez fort, elle fournit surtout de l'isoamylamine, bouillant à 93°,

$$C^5H^{10} = N - N - C^5H^{10} + 3H^2 = 2C^5H^{11}NH^2,$$

dont une faible partie subit la dislocation en amines secondaire et tertiaire. On obtient, en effet, par distillation du liquide recueilli :

De 90° à 105°	6 parties
De 105° à 160°	1 »
De 160° à 210°	1 »
De 210° à 230°	0,5

Mais si l'on effectue l'hydrogénation de l'azine à 210°-230°, on trouve, au contraire, que l'amine secondaire se forme en quantité sensiblement deux fois plus grande que l'amine primaire. La proportion d'amine tertiaire est encore assez faible.

On voit que l'hydrogénation directe des aldazines conduit à une préparation aisée d'amines primaires et secondaires, correspondant aux alcools primaires.

GÉOPHYSIQUE. — *La planète Mars et la « sédimentation ignée »*. Note de M. A. Guébhard, présentée par M. H. Douvillé.

Ayant montré, dans une Note du 25 mars 1918, comment c'était sous forme de chenaux jumelés qu'avaient dû s'ébaucher temporairement les premières dépressions géosynclinales sur la coque originelle du géoïde incandescent, je ne pus me défendre d'un rapprochement avec les « canaux géminés » de Mars [1]. Mais comment concilier cela avec l'opinion courante qui attribue à l'eau, comme sur notre Terre, les « mers », les « brouillards » et surtout les « glaces polaires » de Mars ? Certes, beaucoup d'observateurs se sont convaincus de l'insuffisance de l'hypothèse hydrique ; mais celle de l'acide carbonique n'a fait qu'allonger la liste des données contradictoires que m'a semblé pouvoir concilier une notion élémentaire nouvelle, dégagée de mes dernières études, celle de *sédimentation ignée* [2].

Il s'agit de cette ère immense où, quel qu'ait pu être le procédé d'occlusion de la première croûte planétaire, celle-ci forma cloison dorénavant

(1) *A propos des canaux de Mars* (*L'Astronomie*, 33e année, 1919, p. 322; — *Notes provençales, Revue des travaux du Dr Guébhard*, t. 7, 1919, p. 21).

(2) *La sédimentation ignée* (*Notes provençales*, t. 7, 1919, p. 4).

entre toutes les substances qui, précédemment passées de l'état de vapeur à l'état liquide, avaient définitivement rejoint la fonte magmatique et celles qui, demeurées volatiles, devaient attendre d'un refroidissement plus grand et de conjonctures physiques et chimiques très spéciales, leur précipitation successive d'une atmosphère encore gravide de tout ce qui devait achever d'édifier la lithosphère.

Si c'est, comme dans les hauts fourneaux, vers 1850° que s'est formée la *protosphère* scoriacée ([1]), de combien de pluies de feu ne dut pas être traversée, avant qu'apparût, à 365°, l'eau liquide, l'habituelle transparence d'un ciel surchauffé ([2])! Et chacune de ces averses ne dut-elle pas, en touchant le plancher rouge, tantôt se vaporiser à nouveau et provoquer des extinctions locales de l'incandescence, tantôt s'écouler suivant les lignes de plus grande pente et entraîner, vers des bassins de décantation plus ou moins temporaires, les éléments détritiques d'une *sédimentation ignée* autrement édificatrice que celle des futurs remaniements aqueux; ailleurs, se figer en *glaces* brûlantes et signaler, de l'instable blancheur de taches salines silhouettées de noir ([3]), les points d'élection des distillations ordinaires ou des grandes tornades de l'atmosphère ?

Plus on précise ces inductions physiques, et plus on est frappé de les retrouver toutes, comme choses vues, sans une seule qui fasse contradiction, dans les publications si impartialement consciencieuses des Observatoires Jarry-Desloges, toujours en quête d'une interprétation complètement adéquate, non encore atteinte pour Mars. Si la nôtre était admise, elle ne laisserait pas d'entraîner une forte présomption de tardivité pour la naissance de cet astre. Mais plus d'un astronome en a déjà admis la vraisemblance ([4]), qui permettrait à nos successeurs, pas trop pressés, d'assister

---

([1]) H. Douvillé, *Les premières époques géologiques* (*Comptes rendus*, t. 150, 1914, p. 221).

([2]) Même sur notre Terre très refroidie, ce n'est qu'exceptionnellement que des nuages, arrivés d'ailleurs, voilent les parties surchauffées du sol.

([3]) En l'absence constatée de sédimentation hydrique sur la Lune, M. H. Douvillé (*loc. cit.*) se demandait déjà si « les plaques blanches signalées à la surface ne seraient pas des dépôts de chlorures ou de sels alcalins ». Moi-même j'ai émis l'idée (*L'Astronomie*, 1918, p. 167, note 3) que les « stries glaciaires » de certains galets huroniens de Suède pourraient bien provenir de tout autres *glaces* que notre glace hydrique. Sur Mars, la refusion des plaques blanches au contact d'un sol plus chaud n'expliquerait-elle pas bien le cerne marginal et les réapparitions de « matière noire » de M. Jarry-Desloges?

([4]) Qu'y aurait-il d'absurde à supposer, même dans l'hypothèse de Laplace, que les

à tous les actes d'une formation planétaire, jusqu'à l'apparition, pas improbable, de l'eau, et pas impossible d'un être avec qui entrer en conversation moins illusoirement qu'aujourd'hui.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Solanacées. Développement de l'embryon chez les* Nicotiana. Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Le *Nicotiana Tabacum*, après le *Capsella Bursa-pastoris* et *Œnothera nocturna*, a servi à Hanstein [1] pour établir ses règles générales du développement de l'embryon chez les Dicotylédones. Les observations de l'auteur, relatives à ce troisième exemple, sont encore très incomplètes et sur beaucoup de points erronées.

Chez toutes les espèces de *Nicotiana* que j'ai examinées (*N. sanguinea* Link., *N. Tabacum* L., *N. acuminata* Hook., *N. Langsdorffii* Schrank, *N. glauca* Grah., *N. glutinosa* L., *N. solanifolia* Walp.), la tétrade proembryonnaire se compose de quatre cellules superposées (*fig.* 2, *l*, *l'*, *m*, *ci*); elle s'édifie comme celle du *Chenopodium Bonus-Henricus* [2], avec cette différence que la cellule apicale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1) se cloisonne avant la cellule basale.

Une cloison longitudinale apparaît ensuite dans la cellule *l'*, et peu après dans la cellule *l* (*fig.* 3); les quatre cellules supérieures ainsi différenciées représentent les quadrants. Par de nouvelles cloisons longitudinales, normales aux précédentes, ceux-ci donnent naissance aux octants (*fig.* 4).

Pendant ce temps, les deux éléments *m* et *ci* de la tétrade se segmentent transversalement pour engendrer quatre cellules superposées dont la supérieure constitue la cellule hypophysaire (*fig.* 4 à 8, *h*).

Le dermatogène se différencie dans les huit octants par formation d'une paroi tangentielle (*fig.* 5). Ensuite, dans les quatre cellules intérieures de la partie hypocotylée, s'établit une cloison horizontale qui sépare deux groupes de quatre éléments (*fig.* 6); les quatre éléments inférieurs représentent les initiales de l'écorce; les quatre éléments supérieurs se divisent par deux cloisons verticales rectangulaires et

---

anneaux eussent mis à se rétracter en boules d'autant plus de temps qu'ils étaient plus éloignés et moins denses? Jupiter serait alors, conformément aux apparences, réellement en retard sur Mars, comme nous, peut-être, sur Vénus, et il n'y aurait plus rien d'inattendu à quelque nouvelle naissance d'astre, à venir, au delà de Neptune.

(1) J. Hanstein, *Die Entwicklung des Keimes der Monokotylen und Dikotylen* (*Bot. Abhandl.*, t. 1, Bonn, 1870).

(2) R. Souèges, *Embryogénie des Chénopodiacées. Développement de l'embryon chez le* Chenopodium Bonus-Henricus *L.* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 467).

donnent ainsi naissance à quatre cellules circumaxiales de plérome et à huit cellules de périblème (*fig.* 7). Dans les quatre cellules sous-épidermiques de la partie cotylée, la marche des segmentations peut être comparée à celle qui a été décrite au sujet des *Lepidium* (¹).

Dans l'hypophyse, trois cloisons méridiennes séparent quatre quadrants hypophy-

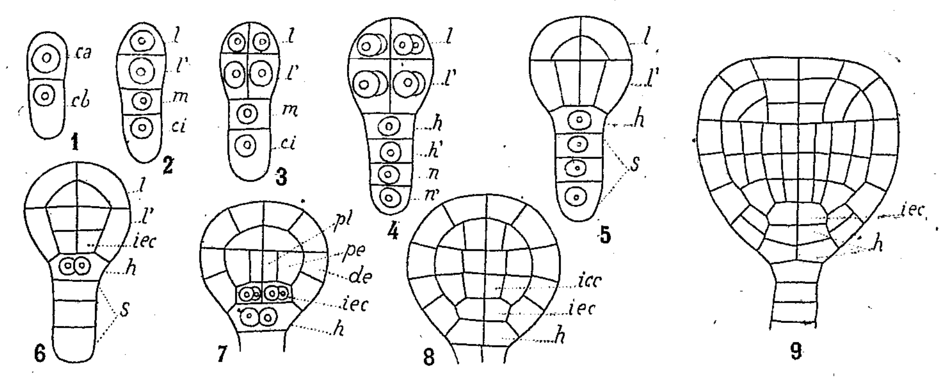


Fig. 1 à 9. — Genre *Nicotiana.* — Figures schématiques montrant les principales étapes du développement de l'embryon: *ca*, cellule apicale et, *cb*, cellule basale du proembryon bicellulaire; *l* et *l'*, les deux éléments supérieurs de la tétrade d'où dérivent les parties cotylée et hypocotylée; *m* et *ci*, les deux cellules inférieures de la tétrade; *h*, hypophyse; *h'*, cellule-sœur de *h* et cellule-fille de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce; *icc*, initiales du cylindre central.

saires qui se divisent tangentiellement pour donner deux groupes de quatre éléments superposés (*fig.* 7, 8 et 9). Le groupe inférieur, voisin du suspenseur, se cloisonne radialement et fait partie de l'assise la plus extérieure de la coiffe; le groupe supérieur se segmente tangentiellement et fonctionne, dès maintenant, comme une portion de l'assise calyptrogène. Le dermatogène de l'axe hypocotylé concourt à la formation de la coiffe comme cela a déjà été démontré au sujet de toutes les Dicotylédones examinées jusqu'ici. Le suspenseur, qui tire son origine des trois cellules *h'*, *n* et *n'*, reste irrégulièrement cylindrique et s'accroît quelque peu en se cloisonnant dans les trois directions rectangulaires.

En somme, il n'est pas du tout exact, comme le soutient Hanstein, que l'embryon des *Nicotiana* se développe selon des règles tout à fait comparables à celles que l'on observe chez le *Capsella*. Rien que le mode de construction de la tétrade permet de formuler trois propositions contraires à celles que j'ai émises dans un travail précédent sur la Bourse à pasteur (²) : 1° la cellule apicale du proembryon bicellulaire entre en division avant la

(¹) R. Souèges, *Nouvelles recherches sur le développement de l'embryon chez les Crucifères* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 9ᵉ série, t. 19, 1914, p. 311).

(²) R. Souèges, *Les premières divisions de l'œuf et les différenciations du suspenseur chez le* Capsella Bursa-pastoris *Mœnch* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 10ᵉ série, t. 1, 1919, p. 8).

cellule basale; 2° la cellule intermédiaire de la triade tire son origine de la cellule apicale; 3° le cloisonnement est horizontal dans la cellule apicale comme dans la cellule basale. Il existe, en outre, d'autres différences non moins importantes dans l'origine et le mode de segmentation de l'hypophyse, et surtout dans la genèse des initiales de l'écorce.

En comparant les embryons du *Myosurus minimus* et de l'*Œnothera biennis* à celui des *Nicotiana*, on observera encore des différences essentielles dans l'origine, le rôle et le cloisonnement des premiers blastomères. On remarquera néanmoins que, dans les quatre exemples dont il vient d'être question, la cellule apicale du proembryon bicellulaire se comporte nettement comme cellule embryonnaire proprement dite, et la cellule basale comme cellule du suspenseur.

L'embryon des *Nicotiana* ressemble à celui du *Chenopodium Bonus-Henricus* par la disposition des éléments de la tétrade, par celle des quatre cellules-quadrants et par la formation des initiales de l'écorce aux dépens de la partie hypocotylée; mais il s'en sépare, d'une manière radicale, par les destinées des deux et des quatre premiers éléments proembryonnaires.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Recherches sur les Amygdalées et les pommiers des parties froides de l'Indo-Chine et du sud de la Chine.* Note de M. AUG. CHEVALIER, présentée par M. Mangin.

Notre colonie de l'Indo-Chine comprend, dans les hautes régions du Tonkin, du Laos et dans la chaîne annamitique, plusieurs millions d'hectares de terrains cultivables où peuvent croître la plupart des plantes cultivées des pays tempérés et subtempérés : blé, orge, chanvre, lin, pavot et presque tous les arbres fruitiers d'Europe.

Ces derniers y sont déjà représentés par des espèces ou des variétés différentes de celles que nous cultivons en France. C'est en vue d'en tenter l'amélioration ou de les faire servir soit comme porte-greffes pour nos variétés d'élite, soit pour créer des hybrides en les croisant avec ces mêmes variétés, que nous en avons entrepris l'étude. Nous avons été grandement aidé dans ces recherches par M. Miéville des services agricoles de l'Indo-Chine. La détermination de nos plantes a été faite à l'Herbier du Muséum et facilitée par la révision des Rosacées asiatiques effectuée récemment par M. J. Cardot.

Le pêcher (*Persica vulgaris* Mill.) existe presque partout au Tonkin, mais

ses variétés très nombreuses, non greffées, sont différentes de celles que nous cultivons en Europe. L'espèce serait originaire de Chine; elle est très commune au Yunnan et nous l'avons rencontrée avec l'apparence d'une plante spontanée, c'est-à-dire en pleine brousse, dans le massif de Chapa au Tonkin de 1000^m à 1500^m d'altitude. Une variété naine à fleurs roses doubles (*P. nana* Mill.) est cultivée comme plante ornementale dans les jardins chinois et annamites. Une autre, *Amygdalus Davidiana* Carrière, à petits fruits sphériques, à peine charnus, découverte autrefois en Chine, a été rencontrée par nous, fréquemment aussi, dans les jardins annamites du Tonkin.

L'amandier (*Amygdalus communis* L.) ne nous est pas connu au Tonkin et l'*Amygdalus Cochinchinensis* Loureiro est pour nous une espèce mystérieuse. Il ne s'agit probablement pas d'un amandier, Loureiro ayant fai fréquemment des confusions analogues pour d'autres genres.

Les pruniers (*Euprunus*) sont cultivés dans beaucoup de jardins au Tonkin, au Laos et dans le Nord-Annam. Ils se rapportent à l'espèce *Prunus triflora* Roxb. de l'Himalaya et de la Chine. Nous en connaissons d'assez nombreuses variétés qui se reproduisent de graines; les unes ont les fruits violets, les autres d'un blanc rosé; certaines ont des fruits jaunâtres, toujours de la taille d'une petite mirabelle ou même plus réduits. La saveur est âpre et ces fruits ont besoin d'être améliorés.

Les Annamites cultivent quelquefois au Tonkin le *Prunus Mume* Sieb. et Zucc., du Japon, non pour ses fruits, mais pour ses jolies fleurs doubles.

L'abricotier (*Armeniaca vulgaris* Lamk.) croît dans les jardins du Tonkin, importé depuis longtemps de Chine, mais c'est une race qui donne des fruits petits, à pulpe très réduite, mûrs dès avril dans le Delta.

Un cerisier indigène (*Cerasus Puddum* Roxb.) Wall. croît dans les forêts, sur les montagnes du Tonkin, vers 800^m d'altitude près Langson, et au Traninh, de 1200^m à 2400^m d'altitude; c'est un grand arbre à fleurs rouges donnant de petits fruits d'un rouge noirâtre, à pulpe très réduite, amère; ils sont à peine mangeables, mais la greffe de nos cerisiers d'Europe reprend très bien sur cette espèce.

Le pommier commun d'Europe n'existe pas en Chine. Il y est remplacé par le *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh., espèce autonome et non hybride (*Rehder*) assez répandue à l'état cultivé au Yunnan où elle produit des fruits qui ressemblent à notre pomme d'Api et qui mûrissent en mai et juin. Ces pommiers ont été introduits en quelques localités du Tonkin où ils semblent s'acclimater.

Deux espèces très intéressantes de pommiers vivent à l'état spontané sur les hauts plateaux de l'Indo-Chine. L'une est le *Malus Doumeri* A. Chev. (= *Pirus Doumeri* Bois) qui vit sur le Langbian et sur ses contreforts de 800^m à 2000^m d'altitude, l'autre est le *Malus laosensis* A. Chev. (= *Pirus laosensis* Cardot) qui se rencontre au Traninh à 1500^m d'altitude et qui existerait aussi sur certaines montagnes du Tonkin.

Ces deux espèces forment de grands arbres qui produisent des fruits assez semblables pour la taille, la saveur et la couleur, à certaines variétés de pommes à cidre de Normandie. M. Miéville en a fabriqué une boisson qui par sa coloration rappelle le poiré normand. Bien que ces espèces vivent en pleine forêt et ne soient l'objet d'aucun soin de la part des populations montagnardes actuelles, nous nous demandons si elles n'ont pas été cultivées et améliorées à une époque ancienne. Ce qui le laisserait supposer, c'est qu'il en reste des exemplaires cultivés comme arbres sacrés autour de certaines pagodes du Laos où les bonzes les entretiennent.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le traitement de la casse bleue des vins.* Note de MM. **André Piedallu, Philippe Malvezin** et **Lucien Grandchamp**, présentée par M. L. Maquenne.

L'un de nous, dans une précédente Note (1), a signalé l'action de l'eau oxygénée sur les vins atteints de *casse bleue*. On sait que ces vins renferment des sels ferreux. D'abord limpides, ils se troublent sous l'action de l'oxygène de l'air; les sels ferreux devenant ferriques précipitent avec les tannins et les matières colorantes; les vins troubles déposent des couches successives, et, malgré le dépôt, restent louches. L'opération du collage est inefficace, la colle restant en solution.

L'eau oxygénée précipite abondamment le fer, le vin devient clair par dépôt et ne casse plus; mais il est interdit par la loi de l'introduire dans du vin. D'autre part, l'action oxydante très énergique de l'eau oxygénée a des effets déplorables sur la composition et les qualités organoleptiques des vins. C'est pourquoi elle n'a pas été recommandée dans la Note précitée.

Nous avons repris la question, en essayant l'action de l'oxygène gazeux provenant de la distillation de l'air liquide; il contient 99,9 pour 100 d'oxygène pur. Appliqué d'abord par barbotage direct dans le liquide à traiter, il n'a donné que des résultats incomplets. Les bulles trop volumineuses se

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1108.

dégagent trop rapidement à la surface et ne produisent pas une oxydation suffisante.

La bougie en porcelaine dégourdie, appliquée à la diffusion de l'oxygène dans le vin, nous a donné au contraire des résultats tout à fait concluants.

L'oxygène sortant d'un « mano-détendeur » se trouve dans la bougie à la pression de 4^{kg}. Il en sort, à travers la paroi, à l'état de fines bulles qui forment avec le vin une véritable émulsion.

Le vin se trouve ainsi saturé d'oxygène; les sels ferreux s'oxydent et passent à l'état ferrique. En présence des tannins, les sels ferriques forment des tannates insolubles et précipitent, en même temps que les albumines et les gélatines sont coagulées.

On a observé que la gélatine et les albumines restent en solution lorsque le fer est à l'état ferreux, ce qui fait dire aux maîtres de chais, dans leur langage imagé, que le vin *ne prend pas la colle*.

Nous avons observé qu'un vin, ne prenant pas la colle, coagule, après oxydation, 20^{g} de gélatine blanche alimentaire par hecto, se clarifie et se maintient brillant, malgré une exposition prolongée à l'air et aux changements de température.

Dans un vin blanc contenant 160^{mg} de fer métallique par litre, nous n'avons observé, en *tannisant*, qu'une légère réaction bleuâtre et, par la suite, une très légère précipitation.

Le même vin, dans les mêmes conditions, a donné, au fur et à mesure de l'oxydation à la bougie de porcelaine dégourdie, une réaction d'une intensité progressive qui, finalement, devint noir bleuâtre avec l'apparence de l'encre. La réaction s'est continuée avec la même intensité pendant 24 heures et, à partir de 36 heures, nous avons pu constater un commencement de défécation avec partie claire vers la surface du liquide. Le quatrième jour, ce vin a été collé à la gélatine blanche alimentaire qui a précipité en un coagulum volumineux, laissant en suspension dans le liquide des petits flocons grisâtres qui, à la filtration, sont restés sur le filtre. Le vin était clair au premier passage.

L'analyse, après filtration, accuse une perte de 120^{mg} de fer par litre, soit les $\frac{3}{4}$ de la proportion initiale. Il eût été facile de pousser plus loin l'élimination.

Plusieurs vins blancs ont été traités de la même façon avec résultats identiques. Des vins rouges *cassants*, oxydés dans les mêmes conditions, mais sans tannisage, ont accusé des pertes de fer dans des proportions analogues et ont finalement donné, après filtration, des vins brillants, d'une belle teinte rubis, parfaitement fixe.

En résumé, l'oxygène extrêmement divisé, par son passage sous pression à travers les pores d'une bougie en porcelaine dégourdie, est susceptible, dans le vin en puissance de *casse bleue*, de transformer rapidement les sels ferreux en sels ferriques. Cette transformation permet d'éliminer le fer *cassant* et de ramener ces vins à un état normal de clarification tenace, non susceptible de *recasser*.

ZOOLOGIE. — *Remarques sur les pièces buccales et l'alimentation des Coléoptères Lamellicornes*. Note (¹) de M. **Léon Bertin**, présentée par M. Bouvier.

Aucune famille d'insectes ne présente plus de diversité que celle des Lamellicornes au point de vue du régime alimentaire et il est naturel de penser que les mêmes pièces buccales ne conviennent pas à des appétits aussi différents que ceux d'un Hanneton, d'une Cétoine et d'un Bousier.

A chaque régime alimentaire doit correspondre un système particulier de pièces buccales. En d'autres termes, la famille des Lamellicornes doit offrir une réduction de ce que H. de Savigny a mis en évidence pour la classe tout entière des Insectes.

Plusieurs entomologistes des XVIIIe et XIXe siècles (Voet, de Geer, Olivier, Mac Leay, Latreille, Mulsant) ont énoncé des rapports entre telle ou telle partie de la bouche des Lamellicornes et leur alimentation. Mais en beaucoup de cas la méconnaissance des mœurs réelles des Insectes les a induits en erreur.

Je crois avoir établi la série des faits suivants :

1° *Les Coléoptères Lamellicornes appartiennent à cinq groupes éthologiques fort nets au point de vue du régime alimentaire*.

a. *Phyllophages* ou mangeurs de feuillage du type Hanneton. Genres étudiés : *Melolontha*, *Polyphylla*, *Anisoplia*, *Phyllopertha*, *Rhizotrogus*, *Hoplia*.

b. *Xylophages* ou Saprophages mangeurs de bois pourri, de vermoulure d'arbres, de sciure, de tan, de terreau et autres matières végétales en décomposition. Genre étudié : *Oryctes*.

c. *Anthophages* ou mangeurs de fleurs (pétales, étamines, pollen) et de fruits sucrés. Genres étudiés : *Cetonia*, *Gnorimus*, *Trichius*.

(¹) Séance du 3 mai 1920.

d. Coprophages ou Bousiers mangeurs de bouses et de crottins. Genres étudiés : *Geotrupes*, *Aphodius*, *Scarabaeus*, *Sisyphus*, *Copris*, *Onthophagus*, *Phanaeus*.

e. Nécrophages rongeant les parties tendineuses des cadavres de petits animaux. Genre étudié : *Trox*.

2° *Les pièces buccales des Lamellicornes appartiennent à cinq types bien distincts qui correspondent aux cinq groupes éthologiques établis ci-dessus.*

a. Chez les *Phyllophages* les mandibules ont une facette molaire très étendue et portant des lames parallèles analogues, toutes proportions gardées, à celles des molaires d'éléphants. Les mâchoires ont une *galea* massive à fortes dents et une *lacinia* dentiforme. Il y a relativement peu de poils aux organes de la bouche.

b. Chez les *Xylophages* étudiés, c'est-à-dire dans le genre *Oryctes*, les mandibules ont une très petite facette molaire à surface irrégulièrement plissée et le tranchant incisif est mousse; mais toute la pointe des mandibules est convertie en un fort cuilleron retroussé vers le haut. Les mâchoires ont une *galea* réduite à un lobe demi-circulaire frangé de longues soies. Tous les organes de la bouche sont très velus.

c. Chez les *Anthophages*, les mandibules sont faibles, invisibles à première vue, de telle sorte qu'elles ont échappé aux anciens naturalistes. Facette molaire réduite et lisse. Toute la moitié distale des mandibules, y compris le tranchant incisif, se résout en une courte languette. Les mâchoires sont extraordinairement modifiées dans le sens de l'allongement : leur corps est allongé; le condyle d'articulation est au bout d'un long bras de levier; la *galea* est convertie en un pinceau de poils avec son manche. Tous les organes de la bouche sont très velus.

d. Chez les *Coprophages* les mandibules sont des lames mi-parties membraneuses et cornées, à large surface, mais peu épaisses. La molaire, presque lisse, est confinée tout à la base. Le tranchant incisif est remplacé par une raclette flexible, couverte d'un velouté de soies fines et bordée d'une rangée de poils comparables aux dents d'un peigne. La *galea* des mâchoires est un lobe demi-circulaire frangé de poils très courts.

e. Chez les *Nécrophages* étudiés, c'est-à-dire dans le genre *Trox*, les mandibules sont des lames falciformes tranchantes, à facette molaire fort petite. Les mâchoires sont des tridents; les trois dents étant respectivement : la *galea*, une *lacinia* ou apophyse dentiforme et la face interne. Une rangée de poils ombrage le trident maxillaire ainsi constitué.

3° Le genre *Hoplia*, parmi les *Phyllophages*, a sa galea pourvue d'une touffe de poils qui annonce le pinceau des *Anthophages*. Or les Hoplies se nourrissent indifféremment de feuilles et de fleurs.

4° Le genre *Trox* a des pièces buccales convergeant vers celles des Silphides : mandibules en lame falciforme tranchante; mâchoires à dents aiguës. Or son régime alimentaire confine précisément à celui des Nécrophores et des Silphes.

5° *Les faits précédents et la coïncidence entre la classification éthologique des Lamellicornes et leur classification morphologique fondée sur les pièces buccales permettent de conclure à une adaptation de ces dernières aux régimes alimentaires.*

D'ailleurs on voit nettement dans beaucoup de cas l'appropriation de telle ou telle forme des organes à telle ou telle propriété physique de l'aliment (une molaire forte correspond à un aliment coriace; un long pinceau de poils sert à cueillir le pollen, etc.).

6° *Malgré leurs différences adaptatives, les organes de la bouche des Lamellicornes ont des caractères fondamentaux communs qui attestent leur parenté réelle.*

Les mandibules sont des pyramides triangulaires dont deux arêtes opposées, cardinale et masticatrice, sont à peu près perpendiculaires l'une sur l'autre. La charnière a une direction dorso-ventrale et, contrairement à l'opinion de quelques auteurs, elle n'a qu'un seul condyle d'articulation, à l'extrémité ventrale. A l'autre bout est une cavité articulaire. A la base de l'arête masticatrice est une facette molaire plus ou moins étendue.

Les mâchoires se laissent ramener à des pyramides quadrangulaires tronquées portant la *galea* sur leur troncature. Les palpes maxillaires sont 4-articulés.

Les lèvres supérieure et inférieure n'ont pas de caractère saillant.

MICROBIOLOGIE. — *Action des microbes de la flore des eaux d'égout épurées par le procédé des « boues activées » sur les hydrates de carbone.* Note [1] de MM. **Paul Courmont** et **A. Rochaix.**

Nous avons étudié l'action des microbes que nous avons isolés de la flore des eaux d'égout épurées par le procédé des boues activées [2] sur les hydrates de carbone.

I. Technique. — Nous nous sommes servis d'eau peptonée tournesolée additionnée des divers hydrates de carbone à étudier, en prenant toutes les précautions de préparation, si importantes en pareil cas, indiquées en particulier par Grimbert [3].

Les milieux ensemencés ont été maintenus pendant 7 jours à l'étuve à 37°, avec des témoins, certains sucres n'étant fermentés que tardivement.

II. Résultats :

Alcools polyatomiques.

	Glycérine.	Mannite.	Dulcite.	Sorbite.	Inosite.
Microbe n° 1	o	o	o	o	o
» 2	+	+	o	+	o
» 3	o	+	o	o	o
» 4	o	+	o	+	o
» 5	+	+	+	+	o
» 6 (*subtilis*)	+	+	o	o	o
» 7	o	+	o	o	o

Pentoses.

Seul le xylose a été expérimenté. Le microbe n° 2 possédait seul une action fermentative sur ce sucre.

Hexoses.

	Glycose.	Levulose.	Galactose.
Microbe n° 1	+	o	o
» 2	+	+	o
» 3	+	o	o
» 4	+	o	o
» 5	o	o	+
» 6	+	+	o
» 7	o	o	o

(1) Séance du 19 avril 1920.

(2) Voir *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 75.

(3) L. Grimbert, *Diagnostic des bactéries par leurs fonctions biochimiques*, 1903.

Hexobioses.

	Saccharose.	Maltose.	Lactose.
Microbe nº 1	o	+	o
» 2	+	+	+
» 3	o	»	o
» 4	o	+	o
» 5	+	+	+
» 6	+	+	o
» 7	o	o	o

Autres hydrates de carbone.

	Dextrine.	Amidon.	Glycogène.
Microbe nº 1	o	o	o
» 2	+	o	+
» 3	o	o	o
» 4	o	o	o
» 5	o	o	+
» 6	+	o	+
» 7	o	o	o

III. Conclusions. — Les microbes de la flore des eaux d'égout épurées par le procédé des boues activées, possèdent donc sur les hydrates de carbone une action fermentative variable suivant chaque espèce, mais certaine, montrant que la destruction des substances ternaires au cours du processus d'épuration peut être produite par action microbienne.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 22 mars 1920.)

Note de M. *Const.-A. Kténas*, Sur la zone hydrocarburée de la Grèce occidentale :

Page 738 : ligne 6, *au lieu de* Portonien (calcaire de Zeitha), *lire* Tortonien (calcaire de Leitha); ligne 14, *au lieu de* (vallée de la Molitsa), *lire* (vallée d'Arachtos); ligne 15, *au lieu de* Portonien, *lire* Tortonien.

Page 739, ligne 20, *au lieu de* plantes, *lire* roches.

(Séance du 29 mars 1920.)

Note de M. *F. Baldet*, Sur la variation diurne du potentiel atmosphérique à l'Observatoire d'Alger :

Page 819, en tête des cinquième, neuvième et treizième colonnes du tableau, *au lieu de* Trois termes, *lire* Cinq termes.

Page 820, ligne 4, *au lieu de* 1 heure 6 minutes, *lire* 1 heure 6 dixièmes.

(Séance du 26 avril 1920.)

Note de M. *Edmond Maillet*, Sur quelques propriétés des nombres transcendants :

Page 985, ligne 12 en remontant, *mettre* une virgule après racine.

Page 986, ligne 3, *au lieu de* $p + 4h$, *lire* $p = 4h$.

Note de M. *C. Camichel*, Sur le régime permanent dans les chambres d'eau :

Page 987, ligne 1, *lire* d'un petit orifice en mince paroi (de 1^{cm} de diamètre, par exemple, dans la chambre d'eau étudiée).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 MAI 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Aacadémie qu'en raison des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 25 mai.

ASTRONOMIE. — LECHEVALIER *à l'Observatoire de Sainte-Geneviève. Coordonnées de cet observatoire.* Note (1) de M. G. **Bigourdan.**

Après la mort de Pingré ses instruments furent dispersés, au moins en grande partie, et son observatoire resta inoccupé pendant une dizaine d'années.

L'abbaye avait été supprimée en 1790; la bibliothèque (2), qui prit alors le nom de « bibliothèque du Panthéon », continua d'occuper l'étage supérieur à peu près tout entier, tandis que les parties inférieures abritèrent d'abord (1795) l'*école centrale du Panthéon*, puis un *lycée* (1802) qui, à deux reprises, a porté le nom de lycée Napoléon et qui est aujourd'hui le lycée Henri IV. Cette indivision excitait bien des réclamations, et déjà il fut question en 1812 de transporter au Luxembourg cette magnifique bibliothèque (3) dont les abords étaient alors très encombrés; mais cela n'eut lieu qu'en 1842; peu après fut terminé le monument qui abrite aujourd'hui la même bibliothèque.

---

(1) Séance du 10 mai 1920.

(2) Voir A. DE BOUGY, *Histoire de la bibliothèque Sainte-Geneviève*.... Paris 1847; in-8° de 427 pages.

(3) En 1812 Lechevalier écrivait au ministre que cette bibliothèque était le monument « le plus beau de l'Empire dans son genre après celui du Vatican ». Les vues que l'on en possède justifient cette appréciation. Voir, par exemple, DU MOLINET, *Le*

A la recommandation de Talleyrand, Lechevalier fût nommé (¹) conservateur de la bibliothèque du Panthéon le 1er novembre 1805, à la place vacante par la mort de Viallon.

Quelques détails sur cet astronome-voyageur nous seront utiles :

Jean-Baptiste Lechevalier ou Le Chevalier (Trelly, près de Coutances, 1752 juillet 1 — † Paris, 1836 juillet 2) professa d'abord la philosophie et les mathématiques dans divers collèges de Paris (Plessis, Harcourt, Navarre) de 1772 à 1778, puis accepta un préceptorat et fut remarqué par l'abbé de Talleyrand-Périgord. Sur la recommandation de celui-ci, longtemps son protecteur, Lechevalier fut invité par l'ambassadeur de France à Constantinople, le comte de Choiseul-Gouffier, à l'accompagner en Orient, avec d'autres savants, parmi lesquels était l'astronome Tondu le jeune.

Dans ce voyage, le premier d'une assez longue suite, Lechevalier visita le site de l'antique Troie, qui dès lors fut le sujet de ses principaux travaux. Il fit à cette occasion le plan de Constantinople qui, dit-il (*Lettres* (²), I, f° 81_2), lui coûta « huit mois de travail du matin au soir à travers la peste, la boue, les peines et les coups de pistolet ».

Après trois années d'absence (1785-1788) il rentre à Paris, puis accepte encore un préceptorat et visite ainsi tout le nord de l'Europe : Ecosse, Allemagne (particulièrement Weimar, Hambourg, etc.), Suède, Russie. Six ans après, au 9 thermidor, il rentre à Paris où l'abbé de Périgord est devenu Talleyrand, ministre des Relations extérieures.

Lechevalier projetait depuis longtemps un voyage en Espagne. En 1796 (³), il fut

---

Cabinet de la Bibliothèque de Sainte-Geneviève. Paris, 1692, in-f°, et Millin, *Antiquités nationales*, t. V.

(¹) Voir aux *Arch. nat.*, F17c 73 les pièces relatives à cette nomination.

Le rapport du Ministre de l'Intérieur à l'Empereur porte : « A une grande érudition Mr Lechevalier joint des connaissances dans les Sciences positives et surtout en Astronomie. Il a accompagné, en qualité d'adjoint, dans ses derniers voyages pour la mesure de la méridienne, le malheureux et célèbre Méchain; il l'a aidé dans ses utiles travaux jusqu'à sa mort. »

On y trouve aussi une lettre de Lechevalier, du 4 décembre 1805, adressée évidemment au Ministre de l'intérieur, de Champagny, où il dit : J'ai été mis « en possession de ma place et de mon appartement. Pour rétablir suivant vos intentions l'observatoire du P. Pingré, j'aurai besoin de consulter mes maîtres et de vous soumettre leur avis; ils m'ont déjà fait une proposition que j'adopterai avec d'autant plus d'empressement qu'elle me fournit le moyen de rendre encore un hommage à la mémoire de Monsr Méchain; il s'agiroit d'acquérir deux beaux instruments (un quart de cercle et un Télescope) restés dans les mains de sa respectable veuve. Lorsqu'il en sera temps, j'aurai l'honneur de mettre ce projet sous les yeux de votre Excellence... ».

(²) Lettres écrites par Lechevalier à Nell de Bréauté, de 1820 à 1834, en 2 volumes qui se trouvent à la *Bibliothèque nationale*, manuscrits (f. fr. nouvelles acquisitions, nos 4795-4796) et que nous citons sous les abréviations *Lettres* I, *Lettres* II, ou seu-

envoyé à Madrid pour apporter un exemplaire « de nouveaux poids et de nouvelles mesures », pour en faire connaître tous les avantages et pour recueillir les réponses à différentes questions de l'Institut national.

Revenu au commencement de 1798, il est attaché à Talleyrand comme « secrétaire-particulier » et habite ainsi au ministère « rue du Bacq, à côté de la rue de Grenelle ».

En Astronomie il fut l'élève de Méchain, dont il parle toujours avec vénération, et il l'accompagne en Espagne en 1804. Après lui avoir aidé quelque temps, il visite seul une partie de la péninsule et rentre à Paris où il devient un des conservateurs de la bibliothèque du Panthéon.

Pour plus de détails, voir : *Notice sur la vie et les ouvrages de feu M. J.-B. Le Chevalier*... par M. l'abbé Noël, son neveu; s. l., 1840, in-8°, 24 pages; — Ch. Joret, *Un Helléniste-Voyageur Normand;* J.-B. Le Chevalier, Membre du « Lycée » de Caen d'après sa correspondance avec *Böttiguer* (Caen, Paris, 1903, in-8° 73 pages); — B. Guérard (²), dans la *Biogr. gén.* de Michaud, 2e édition, 1843.

La bibliothèque de Sainte-Geneviève possède un *buste* en marbre de Lechevalier.

Registres d'observation. — Les observations faites du temps de Pingré forment les deux manuscrits 1811 et 1812 de Sainte-Geneviève, couvrant respectivement les intervalles : 1756 janvier 1 — 1759 mai 30 et 1759 juin 1 — 1796 avril 25. Il est donc possible qu'il manque un ou même deux registres avant le n° 1811, mais rien ne l'indique dans les ms. ci-dessus. A partir du 9 juillet 1760 il y a des lacunes qu'expliquent les voyages de Pingré; et dans la suite, il est seul à écrire sur ces registres, tandis qu'avant il y a plusieurs écritures entremêlées, trois ou quatre.

---

lement I, II, suivies du folio.

(³) D'après Lalande (*Bibliogr.*, p. 877, année 1802), Lechevalier avai « disposé, dans l'hôtel des relations extérieures, un petit observatoire »; cela dut avoir lieu en 1796 ou un peu avant, car Lechevalier dit (*Lettres* II, 63) qu'il y a observé pendant 12 ans.

C'est évidemment à cette installation que se rapporte une lettre du 24 octobre 1800 où Delambre indique à Lechevalier la manière de placer un quart de cercle dans le méridien : il en résulte qu'alors Lechevalier dispose d'une lunette méridienne, placée à côté du quart de cercle, et qu'il a une mire à 500ᵀ environ.

A cette époque, et jusqu'à 1822, le Ministère des Affaires étrangères était installé sur le côté Ouest de la rue du Bac, entre la rue de Grenelle et la rue de Varenne, dans l'ancien hôtel de Gallifet, aujourd'hui ambassade d'Italie. Voir Thiéry, *Guide des Amateurs et des Étrangers à Paris*, 1787, II, p. 551. Voici donc les coordonnées approchées de ce modeste observatoire, qui n'a pas laissé de travail connu :

$\Delta\mathcal{L} = 965^{m}$ ou $47'',34 = 0^{m}3^{s},16$ O; $\Delta\varphi = +2025^{m}$ ou $1'5'',6$ N; $\varphi = +48°51'16'',6$.

(²) Guérard, qui fut l'intime de Lechevalier, dit que celui-ci « avait fait réédifier à ses frais l'observatoire du P. Pingré, l'avait pourvu de bons instrumens... ».

Quant aux observations de Lechevalier, nous n'en possédons aucun registre, mais ils ont existé; car il écrit le 29 décembre 1823 (*Lettres* II, 12_2) qu'ils sont « à côté de ceux de mon bon ami Méchain ». Une partie de ses papiers avait d'ailleurs été brûlée pendant les Cent Jours, « d'exécrable mémoire » (*Lettres* I, 8).

L'Observatoire. — Nous n'en connaissons aucune description; mais Delambre (VI, 664) dit qu'il était dans le haut de l'abbaye; et c'est ce que confirme incidemment Lechevalier, car pour y arriver, il doit monter 100 ou 120 marches (*Lettres* II, 12, 13) au-dessus de son appartement.

Les manuscrits 1811, 1812 y indiquent, pour les premiers temps de Pingré, au moins quatre fenêtres, tournées vers les quatre principaux points cardinaux; et la correspondance de Lechevalier, où il est ordinairement appelé le *pigeonnier* (1), y indique une grande « transparence » (*Lettres* I, 261_2).

Coordonnées. — Pingré ne donne que des renseignements très vagues sur la position de son observatoire (2), non mentionné d'ailleurs dans les listes T_1, T_2, T_p. D'après T_3,

$$\Delta\mathcal{L} = 2^s,8 (856^m)\,\text{E} \quad \text{et} \quad \Delta\varphi = +\,0'36''(1112^m).$$

Après des recherches longtemps infructueuses, j'ai trouvé les indications manuscrites suivantes qui montrent que l'observatoire de Lechevalier occupait le même emplacement que celui de Pingré, et qui permettent de déterminer sa position exacte dans l'intérieur de l'abbaye.

1° A propos de la comète de Halley, Pingré dit (Ms. 1811, f° 101) qu'elle a dû se lever « à la partie Sud du dôme de la Bibliothèque ». Ce dôme est celui peint par Restout, qui existe encore. D'après la déclinaison de cette comète (*Mém. Acad.*, 1759, H, p. 148), elle se levait à 75° d'azimut, compté du Sud vers l'Est; on peut voir que cela est d'accord avec ce qui suit.

(1) Par cette correspondance, on devine que Nell et d'autres considéraient tout ou partie des instruments de Lechevalier comme démodés, médiocres, d'où sans doute le nom de *Chaudrons* par lequel on les désigne généralement. Et de même, l'observatoire est constamment appelé le *pigeonnier*.

Cette correspondance n'est pas sans présenter quelque intérêt général, car l'auteur, autrefois habitué des coulisses diplomatiques, s'y entretient des événements politiques actuels ou prochains, sans oublier ni les nouvelles des milieux académiques ni les nouveautés du jour.

(2) Dans *Mém. Acad.*, 1755, p. 22, et 1760, p. 291, il donne $\Delta\mathcal{L} = 3^s$; et dans ceux de 1755, p. 286, d'après un plan de Paris : 400^T à 420^T (780^m à 819^m) à l'Est.

2° En 1822 Lechevalier s'exerçait aux déterminations d'azimuts terrestres au moyen du sextant, et comparait ses résultats à ceux fournis par le théodolite. C'est ainsi qu'il donne pour l'azimut [1] du Val-de-Grâce 32°40′, — 32°40′ à 50′, — 32°50′ et enfin, avec un chiffre surchargé, 32°35′ (*Lettres* I, 122_2, 148, 149; II, 98).

Avec beaucoup moins de détails il donne aussi, et deux fois, 9°6′ pour l'azimut de la tourelle (tour Sud) de Notre-Dame (*Lettres* I, 143_2, 149), enfin une seule fois 19°50′ pour le fronton du Louvre (I, 149) et 57°49′ pour le clocher de la Salpêtrière (I, 149).

Nous avons ainsi en surnombre des données pour déterminer la position de l'observatoire; mais elles ont des poids fort inégaux. Il serait assez compliqué d'en tirer directement les coordonnées les plus probables du point cherché. Aussi j'ai considéré comme rigoureusement exact l'azimut du Val-de-Grâce, répété quatre fois, et cherché les intersections de la direction correspondante avec les directions des azimuts relatifs aux trois autres stations.

Appelons :

OA la méridienne du point O (Observatoire national);
S_1, S_2, S_3, S_4 les quatre stations dans l'ordre suivant : Val-de-Grâce, fronton du Louvre, Notre-Dame, Salpêtrière;
s_1, s_2, s_3, s_4 les points de projection rectangulaire de S_1, S_2, ... sur OA;
S'_1, S'_2, S'_3, S'_4 les intersections de OA avec les droites menées par S_1 S_2, ... suivant les azimuts donnés;
X_2, X_3, X_4 le point cherché conclu de chacun des trois derniers azimuts, et qui par hypothèse est sur $S_1S'_1$;
x_2, x_3, x_4 les projections rectangulaires de X_2, ... sur OA.

Les coordonnées de S_1, S_2 sont données par T_2, T_p et T_{1896}. Celles de S_2, S_3 ne sont que dans T_2, car les nombres de T_p se rapportent à un autre fronton, celui du jardin de l'Infante.

En conséquence, j'ai adopté pour S_1, ..., S_4 les $\Delta\mathcal{L}$ et $\Delta\varphi$ du Tableau ci-après, les $\Delta\varphi$ étant rapportés à la perpendiculaire de T_{1896}, un peu différente, semble-t-il, de celle de T_2 et T_p.

Les autres nombres résultent de ces données et des azimuts.

---

[1] Lechevalier n'indique pas toujours clairement l'origine de ses azimuts, mais il ne peut y avoir d'hésitation à ce sujet. Les quatre points S_1, ..., S_4 sont tous à l'Est de la méridienne et au Nord de la perpendiculaire.

n. S_n.	A.	$\Delta\mathcal{L}$.	$\Delta\varphi$.	$S'_n S_n$.	S'_1.	S'_n.	X_n.	$S'_1 x_n$.	$S'_n x_n$.	$(\Delta\varphi)_x$.	$(\Delta\mathcal{L})_x$.
1. S_1 Val-de-Gr.	$32^{\circ}40'$	$403^{m},0$	$468^{m},0$	$628^{m},5$							
2. S_2 Louvre....	19.50	220,6	2646,0	611,6	$32^{\circ}40'$	$19^{\circ}50'$	$127^{\circ}30'$	$1230^{m},5$	$2187^{m},4$	$1070^{m},0$	$789^{m},0$
3. S_3 Notre-D..	9. 6	918,5	1863,0	5734,4	147.20	9. 6	23.34	1235,7	4946,7	1075,2	792,3
4. S_4 Salpêtr....	57.49	2027,0	290,2	1275,7	32.40	57.49	89.31	1230,1	496,3	1069,5	788,6

Par les nombres des deux dernières colonnes verticales on voit que les résultats sont assez concordants pour le but poursuivi. Comme le point S_2 ne peut être très bien déterminé, comme d'autre part le point S_3 a une position désavantageuse, nous ne donnerons que le poids $\frac{1}{2}$ aux valeurs qu'ils fournissent pour les $\Delta\mathcal{L}$ et $\Delta\varphi$ cherchés, qui sont ainsi

$\Delta\mathcal{L} = 789^{m},7$ ou $38'',73 = 2^{s},580$ E ; $\Delta\varphi = 1071^{m},0$ ou $0'.34'',67$; $\varphi = 48^{\circ}50'45'',67$.

Ainsi cet observatoire, dont aucune trace ne subsiste aujourd'hui, se trouvait sur le bâtiment qui actuellement longe la rue Clotilde, à son intersection avec celui qui aboutit à la coupole de Restout. Lors de sa fondation il était dans la partie centrale du territoire de l'abbaye.

Aides de Pingré. — Le premier que nous rencontrons est le génovéfain T. *Jamard*, qui en 1757 publia, sur la comète attendue de Halley, un *Mémoire sur la comète qui a été observée en* 1531, 1607, 1682..., *avec une carte où sont tracées les routes de cette comète dans ses trois dernières apparitions.* Lalande (*Bibliogr.*, p. 463) dit que Jamard « semblait alors vouloir se destiner aux sciences »; et l'historien de l'Académie (*Mém. Acad.* 1759, H. 129), qui analyse le mémoire de Jamard, dit que depuis longtemps... « il travailloit à l'Astronomie sous les yeux de M. Pingré, dont il secondoit le zéle et les travaux ».

A l'origine Jamard eut la plus grande part aux observations météorologiques. Pour l'Astronomie nous ne connaissons de lui que deux observations qu'il fit à Sainte-Geneviève : l'occultation de θ Baleine, le 18 Juillet 1755 (*Conn. des Temps*, 1810, p. 335 et ms. 2313, f° 415) et l'éclipse du premier Sat. ♃ le 2 mars 1756 (*Mém. Acad.*, 1756, p. 460; télescope de 32po et *Conn. des Temps*, 1810, p. 352).

Lors du passage de Vénus de 1761, Pingré fut aidé par *Thuillier* « qui avoit fait le voyage avec lui dans cette vue » et qui fit aussi l'observation du passage (*Mém. Acad.*, 1761, H. 107 et M. 441, 443). En 1765, il fréquentait l'observatoire de Pingré.

Viallon (Lyon — †Paris, 1805 septembre 29), génovéfain, qui fut biblio-

thécaire sous les ordres de Pingré, observa à Sainte-Geneviève l'éclipse de Lune du 30 juillet 1776 (*Mém. Acad.*, 1776, H. 33, M. 176) et celle de Soleil du 17 octobre 1781 (*Mém. Acad.*, 1781, p. 15, 705).

En 1787, il obtint le 2e prix de l'Académie des Sciences pour un Mémoire sur la meilleure manière de rétablir la machine de Marly (*Mém. Acad.*, 1785, H. 45); et après la mort de Pingré, c'est lui qui en remit les instruments à Lalande.

Bouin, génovéfain, fit aussi un petit nombre d'observations astronomiques à Sainte-Geneviève, mais il habitait généralement à Rouen.

Un autre génovéfain, « *Steigenberger*, chanoine régulier de Pollingen », fit, à l'Observatoire de Pingré, l'observation de l'éclipse de Soleil du 16 août 1765, avec la lunette de 2pi fixée au quart de cercle de 2pi, après avoir pris des hauteurs correspondantes pour régler la pendule. Le même observateur paraît avoir fait d'autres observations à Pollingen, en Basse-Bavière, en 1766 (Écl. ☾, février 24, ms. 2313, f° 348), en 1757, 1759 (Écl. de Sat. ♃, ms. 2313, f° 420).

Cette abbaye avait dû se procurer des instruments chez Canivet, car les papiers de Pingré (ms. 1977, f° 33) renferment des reçus « à l'acquit de l'abbé de Pollingen ».

Le « cousin » *Guiard* manipule aussi les instruments.

Les autres aides s'occupent uniquement d'observations météorologiques. Ce sont, après Jamard, surtout le sieur *Mimi*, un sieur *Villette*, et enfin le P. *Guillot*, qui observe un halo lunaire le 5 février 1759.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur un cas particulier de diffraction des images des astres circulaires de grands diamètres.* Note [1] de M. **Maurice Hamy**.

J'ai fait connaître, dans une Note antérieure [2], les expressions analytiques fournissant l'intensité lumineuse, en différentes régions de l'image d'un astre circulaire de grand diamètre, obtenue avec une lunette diaphragmée par une fente rectiligne. Ces formules permettent de calculer la valeur de l'intensité, en tous points de l'axe de symétrie de l'image parallèle au grand côté de la fente et notamment dans le voisinage du bord géomé-

(1) Séance du 10 mai 1920.
(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 822.

trique, c'est-à-dire du bord que l'on observerait, à travers l'oculaire, si la diffraction n'existait pas. Leur application m'a conduit, au prix de calculs numériques très étendus, à des conséquences que je me propose d'exposer dans la présente Communication.

Appelons a la largeur de la fente, h sa longueur, ε le demi-diamètre de l'astre, λ la longueur d'onde de la lumière admise dans l'œil et supposée rendue monochromatique par son passage à travers un verre coloré convenable, disposé contre l'oculaire. Les paramètres m et n, définis par les égalités

$$m = \pi \frac{h \sin \varepsilon}{\lambda}, \qquad n = \pi \frac{a \sin \varepsilon}{\lambda},$$

jouent, comme on l'a vu, un rôle important dans la théorie. Nous les retrouverons dans un instant.

Auparavant, il y a une remarque à faire au sujet de l'emploi des formules auxquelles nous sommes parvenus. Dans les observations solaires, on se trouve astreint, en effet, à affaiblir suffisamment la lumière pour que l'œil puisse supporter l'éclat des images. Il n'en résulte néanmoins aucune difficulté, pour l'application des dites formules, parce que ce n'est pas l'intensité absolue qu'il y a intérêt à étudier dans telle ou telle partie de l'image, c'est l'intensité relative par rapport à celle qui se trouve localisée en un point particulier choisi dans cette région. En d'autres termes, on n'a à considérer que des rapports d'intensités qui sont indépendants du facteur de réduction figurant à la fois en numérateur et en dénominateur.

La question de beaucoup la plus importante à élucider, comme application des formules générales, est celle de la répartition de la lumière, dans le voisinage du bord géométrique, sur l'axe de symétrie de l'image parallèle au grand côté de la fente. On y parvient en étudiant l'intensité relative $y = \frac{I}{I_B}$, I désignant l'intensité absolue en un point voisin du bord géométrique de l'image et I_B l'intensité absolue au bord géométrique. On est d'ailleurs naturellement amené, pour représenter graphiquement y, à prendre comme abscisse le rapport $\xi = \frac{x}{2\pi}$, x étant une variable figurant directement dans les expressions de l'intensité et représentant le produit $x = 2m\left(\frac{\sin \varphi}{\sin \varepsilon} - 1\right)$, où φ désigne la distance angulaire, au centre de l'astre, du point de l'image que l'on considère.

Dans le voisinage du bord géométrique et lorsque $\frac{n^2}{m}$ est donné, la fonc-

tion y, en négligeant des quantités insensibles, dépend de la longueur de la fente uniquement parce que cette longueur figure dans l'expression de m et par suite de ξ. Cette variable ξ, positive pour les points de l'image extérieurs au bord géométrique, nulle sur ce bord et négative pour les points intérieurs, prend d'ailleurs la valeur 1, lorsqu'on s'en éloigne extérieurement à une distance angulaire égale au pouvoir séparateur $\frac{\lambda}{h}$ d'un objectif de diamètre représenté par la longueur de la fente. On conçoit dès lors l'intérêt que l'on trouve à étudier y en fonction de ξ. Une même courbe convient à tous les cas, pour représenter y, lorsque $\frac{n^2}{m}$ est donné. Seulement l'unité d'abscisse correspond au pouvoir séparateur, savoir, pour la longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},5$, à 1″ si l'on a affaire à une fente de $0^{m},10$ de longueur; à 0″,2 si cette longueur a pour valeur $0^{m},50$; à 0″,1 si elle est égale à 1^{m}; à 0″,025 si elle atteint $2^{m},50$, comme l'ouverture du grand télescope du mont Wilson, etc.

L'étude complète de la fonction y définie ci-dessus serait extrêmement laborieuse s'il fallait la pousser dans tous ses détails, cette fonction dépendant pratiquement, en fin de compte, des deux paramètres indépendants $\frac{n^2}{m}$ et ξ. Mais, comme on va le voir, il y a un cas notablement plus intéressant que les autres à examiner au point de vue des applications. En conséquence, il a paru suffisant de l'étudier à fond et de s'en tenir, pour le reste, à des généralités.

On trouve que la variation de l'intensité relative y, dans le voisinage immédiat du bord géométrique, est maximum en valeur absolue, lorsque le rapport $\frac{n^2}{m}$ a pour valeur $\frac{1}{2}$. La courbe figurant les variations de y possède alors, au point correspondant au bord géométrique, une tangente inclinée au maximum sur la partie négative de l'axe des abscisses. De là il résulte que si, par suite de l'existence de la diffraction, la lumière ne peut en aucun cas être nettement limitée au bord géométrique de l'image, par contre, quand on passe d'un point intérieur à un point extérieur au bord géométrique, tous deux immédiatement voisins et à distances fixes de ce bord, la chute de l'intensité relative est aussi élevée que possible lorsque $\frac{n^2}{m} = \frac{1}{2}$.

On peut donc dire que le bord géométrique de l'image est défini le mieux possible lorsque $\frac{n^2}{m} = \frac{1}{2}$. Tel est le motif pour lequel il convient d'examiner d'une façon complète ce cas particulier. La détermination de la

position du bord géométrique, sur l'image solaire, présente en effet un intérêt spécial, puisque c'est à cette détermination qu'est liée la possibilité de l'étude du diamètre vrai du Soleil, de ses variations problématiques au cours de la période des taches, et de sa variation séculaire.

La partie la plus importante de la courbe figurant les variations de y correspond aux valeurs de ξ comprises entre ± 3. Elle a été construite, dans cet intervalle, d'après les positions de trente-sept points et de deux tangentes, déterminées par des calculs numériques extrêmement laborieux fondés sur la sommation de plusieurs centaines de séries. En dehors de ces limites, son tracé est plus simple à réaliser. Considérée dans son ensemble, la courbe présente de légères sinuosités qui vont en s'atténuant, à mesure que l'on s'éloigne de l'origine, dans un sens ou dans l'autre, et dont la représentation graphique nécessite l'emploi d'une échelle d'ordonnées fortement surélevée par rapport à celle des abscisses.

Fait-on abstraction de ces sinuosités, l'allure générale de la courbe est la suivante, en allant de l'intérieur à l'extérieur du disque. L'ordonnée, inférieure à 3,8, mais d'autant plus voisine de ce nombre que l'on part d'un point plus éloigné du bord géométrique, va constamment en décroissant, lorsque ξ augmente. Égale à 3,365 pour $\xi = -3$, elle passe à 3,28 pour $\xi = -2$, à 2,90 pour $\xi = -1$ et à 1 pour $\xi = 0$ (bord géométrique). La concavité *générale* est tournée vers les y négatives, pour les valeurs de ξ inférieures à $-0,195$ et, au delà de cette limite, vers les y positives. La courbe se rapproche rapidement et asymptotiquement de l'axe des abscisses, lorsque ξ devient positif et augmente. L'ordonnée, égale à 1 pour $\xi = 0$ (bord géométrique), tombe à 0,13 pour $\xi = 1$, à 0,054 pour $\xi = 3$, etc.

La condition $\frac{n^2}{m} = \frac{1}{2}$ assujettit la largeur de la fente à ne pas dépasser quelques millimètres, en sorte que sa longueur peut atteindre le diamètre même de l'objectif. Il était naturel, en conséquence, de chercher à comparer théoriquement l'aspect du contour de l'image, considéré aux extrémités de l'axe de symétrie dirigé dans le sens de la longueur de la fente, à l'aspect du contour de l'image fournie par l'objectif utilisé avec sa surface totale. La question a été résolue par des moyens reposant sur la considération de la courbe d'intensité, décrite ci-dessus, et la courbe analogue relative à la diffraction de l'image par une ouverture circulaire. Or, il arrive que l'aspect du contour solaire, observé au foyer de la lunette à travers l'oculaire, est plus favorable aux mesures dans la première hypothèse que dans la seconde. Voici ce qu'il faut entendre par là. Le calcul

montre que l'intensité ne subit aucune discontinuité, pas plus dans un cas que dans l'autre, quand on traverse le bord géométrique de l'image. Seulement, comme cette intensité varie avec une rapidité extrême, dans le voisinage immédiat de ce bord, l'observateur a l'illusion que l'image de l'astre est terminée par un contour défini, auquel il convient d'appliquer la dénomination de bord optique. Il n'y a là qu'une impression purement physiologique tenant à l'imperfection de la vision. Cependant, bien qu'il ne soit pas susceptible de définition physique, c'est néanmoins le bord optique qui fait l'objet des pointés exécutés par l'observateur dans toutes les recherches nécessitant des mesures de position à effectuer sur le Soleil. On conçoit que la concordance des pointés est liée à la netteté d'aspect du bord optique. Eh bien! il arrive que ce bord illusoire est plus tranché, lorsque l'objectif est diaphragmé par la fente que lorsqu'il est utilisé avec sa surface entière. Cet avantage est d'autant plus important qu'il est accompagné de l'élimination presque totale de chaleur, de l'instrument d'observation, chaleur dont l'admission devient intolérable lorsque l'objectif, en entier découvert, possède une large ouverture.

Quel rapport peut-il y avoir entre les mesures exécutées sur le bord optique, par un observateur exercé, et celles qu'il ferait sur le bord géométrique, si un signe distinctif décelait sa présence? La considération de la courbe d'intensité fournit le moyen de trancher la question. Elle conduit à la détermination expérimentale d'une correction permettant de rapporter les mesures, faites sur le bord optique, à ce qu'elles auraient été si l'on avait pu pointer le bord géométrique.

Avant de donner des indications à ce sujet il convient de remarquer que, par suite de l'absorption de l'atmosphère solaire, la région centrale de l'astre est, en réalité, plus brillante que celle avoisinant le contour apparent. Or les résultats qui précèdent se rapportent à l'hypothèse d'après laquelle le disque présenterait un éclat intrinsèque uniforme. Mais des considérations physiques font prévoir, lorsque la fente a une longueur suffisante, que la véritable courbe d'intensité, à l'intérieur du bord géométrique, doit alors s'éloigner peu de celle que l'on obtient, en multipliant chacune des ordonnées de la courbe dont il a été question ci-dessus par la valeur de l'éclat intrinsèque au point du disque solaire auquel correspond cette ordonnée. Par ailleurs, les ordonnées à l'extérieur du bord géométrique ne peuvent différer beaucoup de celles qui correspondent à un disque d'éclat intrinsèque uniforme égal à celui du contour apparent de l'astre. Cependant, avant de formuler des conclusions définitives à ce sujet,

la question devra être abordée de front par le calcul. Les moyens employés, pour mener à bonne fin le travail dont j'ai indiqué les grandes lignes, sont d'ailleurs applicables à ce cas général.

Dans l'hypothèse de l'homogénéité de la surface du disque, le rapport de l'intensité centrale de l'image à l'intensité au bord géométrique a pour valeur 3,8, lorsque la largeur de la fente est liée à sa largeur par la relation $\frac{n^2}{m} = \frac{1}{2}$. Comme application de ce qui vient d'être dit, pour passer au cas de la réalité, il faut multiplier ce nombre 3,8 par le rapport de l'éclat intrinsèque du disque, au centre, à celui de la périphérie. Si on lui attribue la valeur 5, pour les radiations de longueur d'onde $\lambda = 0^{\mu},5$, le rapport de l'intensité centrale de l'image, à l'intensité au bord géométrique, atteint 19 en chiffres ronds.

Il reste à montrer comment la connaissance de la véritable courbe d'intensité peut conduire à la détermination exacte du diamètre solaire.

Cette détermination repose sur l'emploi d'un diaphragme percé d'une ouverture figurant l'aire comprise entre la courbe d'intensité, l'axe des abscisses et deux ordonnées, l'une du côté des abscisses négatives, l'autre du côté des abscisses positives, dont l'éloignement doit être choisi de façon à rendre possible l'observation dont il va être question ci-après.

L'écran étant disposé devant un fond éclairé uniformément et de façon convenable, on examine, avec un oculaire, les apparences lumineuses localisées dans le plan focal conjugué d'une lentille cylindrique, placée à distance suffisante de l'écran, après avoir orienté les génératrices rectilignes de ses surfaces parallèlement aux ordonnées de la courbe d'intensité limitant l'ouverture pratiquée dans l'écran. L'exploration de l'image étant faite au niveau du centre de la lentille et dans le sens perpendiculaire aux génératrices, si l'éloignement de l'écran au système optique et les constantes de ce système sont convenablement calculés, l'expérience fournit des apparences identiques à celles du bord de l'image solaire observée, avec un grossissement donné, dans le plan focal d'une lunette armée de la fente. Une lentille cylindrique donne, en effet, d'un point lumineux, une image affectant la forme d'un tronçon de droite, parallèle aux génératrices de ses surfaces. C'est pourquoi une droite lumineuse limitée, parallèle aux génératrices, qui s'aperçoit de la lentille sous un angle peu considérable, a elle-même pour image un tronçon de droite d'intensité proportionnelle à sa longueur. Dans le cas présent, les ordonnées de la courbe d'intensité, qui se rapportent à la partie évidée de l'écran, représentent autant de droites dont les images sont juxtaposées dans le champ de la lentille cylindrique. Les variations lumineuses, examinées dans le champ perpendiculairement aux génératrices de la lentille, sont donc proportionnelles aux ordonnées de la courbe d'intensité du bord solaire. Elles reproduisent par suite les variations même d'intensité, au voisinage du bord solaire, dans le plan focal d'une lunette munie d'une fente de largeur satisfaisant à la condition $\frac{n^2}{m} = \frac{1}{2}$, ces

variations étant rapportées, dans l'un et l'autre cas, à l'intensité au point correspondant au bord géométrique, prise comme unité.

Le dispositif, décrit ci-dessus, doit être complété par l'adjonction d'un écran étroit, à bords rectilignes parallèles aux ordonnées de la courbe d'intensité, tracée sur le diaphragme, et mobile dans son plan, en travers de l'ouverture qui y est pratiquée. Sa largeur doit être calculée de façon que son image, vue dans l'oculaire, se présente sous forme d'un fil délié, parallèle aux génératrices de la lentille. Ce fil immatériel balaie l'image fournissant les apparences du bord solaire, dans le champ de la lentille, quand on déplace l'écran. On peut l'amener, en conséquence, à l'endroit où la partie éclairée de cette image paraît s'arrêter, en raison de la chute rapide d'intensité. Le pointé ainsi exécuté correspond exactement à celui que l'on ferait, avec un fil micrométrique, sur le bord optique de l'image solaire, observée au foyer d'une lunette armée de la fente. Si l'on relève, à ce moment, la position de l'écran, à sa rencontre avec l'axe des abscisses accompagnant la courbe d'intensité et tracé sur la partie pleine du diaphragme, on saura de combien d'unités de l'échelle son centre s'écarte de l'origine. Ce nombre exprime, en pouvoirs séparateurs de la lunette, employée pour l'observation du Soleil, la distance angulaire du bord optique au bord géométrique, si la longueur de la fente atteint le diamètre de l'objectif, comme on le suppose.

S. A. S. le Prince Albert de Monaco fait hommage à l'Académie du fascicule LIII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht : Cirrhipèdes provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco* (1885-1913), par A. Gruvel.

M. A. Calmette fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre : *L'infection bacillaire et la tuberculose chez l'homme et chez les animaux*.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la désignation de trois membres de la Division des sciences mathématiques et de trois membres de la Division des sciences physiques qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, formeront la Commission chargée de présenter une liste de candidats à la Chaire d'*Histoire générale des sciences* vacante au Collège de France.

MM. Lippmann, Emile Picard, Appell; Edmond Perrier, Guignard, A. Lacroix réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

M. **Edmond Perrier** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du monument élevé en l'honneur de *Van Beneden*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Géométrie, en remplacement de M. *Cosserat*, élu Membre non résidant.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 45,

M. L. E. Dickson	obtient.	41	suffrages
M. Guido Castelnuovo	»	2	»
M. E. I. Fredholm	»	2	»

M. **L. E. Dickson**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

CORRESPONDANCE.

L'Académie a reçu la lettre suivante de M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** en réponse au vœu émis par elle dans le Comité secret du 19 avril et reproduit dans les *Comptes rendus* du 26 avril :

Paris, le 3 mai 1920.

Messieurs les Secrétaires perpétuels,

Vous avez bien voulu me transmettre le vœu émis par l'Académie des Sciences en son Comité secret du 19 avril 1920, sur l'organisation des Observatoires.

Ce vœu pose des principes pour la réforme des Observatoires et le développement des recherches astronomiques en France. Je ne puis que remer-

cier l'Académie d'avoir ainsi marqué avec toute sa haute autorité dans quel sens les efforts doivent être faits.

De l'application de ces principes dépendra l'avenir de nos Observatoires et de la Science astronomique française. Mais toutes les mesures à prendre devant avoir avant tout une portée scientifique, mon Administration ne peut assumer à elle seule la responsabilité du travail à entreprendre. La collaboration de l'Académie des Sciences ne lui sera pas moins précieuse pour tracer le programme développé des réformes à faire et des innovations à tenter.

Je vous serais très obligé de me faire savoir si l'Académie des sciences serait disposée à confier à une Commission spéciale prise dans son sein l'élaboration aussi rapide que possible de ce programme. Elle pourrait d'ailleurs faire appel au concours du Conseil de l'Observatoire de Paris, du Conseil de l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon, du Conseil des Observatoires. Voici quelles seraient les principales questions pour lesquelles des solutions pratiques et détaillées devraient être proposées :

Organisation et répartition du travail dans les Observatoires ;

Travaux d'ensemble et recherches personnelles ;

Recrutement et situation du personnel ;

Maintien, diminution, augmentation, répartition, échange du personnel entre les établissements ;

Organisation et attribution des Conseils ;

Etat actuel des instruments ; leur répartition entre les Observatoires et les astronomes ; instruments nouveaux ;

Travaux actuellement en cours d'exécution ; dans quelle mesure et dans quelles conditions doivent-ils être poursuivis ;

Publications ;

Budgets du matériel des Observatoires.

Quant à la personnalité civile des Observatoires de Paris et de Meudon, elle est actuellement demandée dans un projet de loi que je soumets à mon Collègue des Finances.

Je serais très reconnaissant à l'Académie de faire bon accueil, dans le plus bref délai possible, à la proposition que j'ai l'honneur de lui présenter.

Veuillez agréer, Messieurs les Secrétaires perpétuels, l'assurance de ma haute considération.

Le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts,

ANDRÉ HONNORAT.

M. le **Ministre de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui fera partie de la *Commission permanente des Stations hydrominérales et climatiques*, reconstituée par la loi du 24 septembre 1919.

M. **W. H. Perkin**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **S. Lefschetz** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule I (*Mémoires*) des *Annales du Bureau central météorologique de France pour* 1913, publiées par M. Angot, directeur du Bureau.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la solution générale du système auquel satisfait la fonction* $W_{k,\mu,\nu}(x, y)$. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Le système [1]

$$(S)\qquad \begin{cases} x^2 r - q\,xy + z\left(-\dfrac{x^2}{4} - \dfrac{xy}{2} + kx + \dfrac{1}{4} - \mu^2\right) = 0, \\ y^2 t - p\,xy + z\left(-\dfrac{y^2}{4} - \dfrac{xy}{2} + ky + \dfrac{1}{4} - \nu^2\right) = 0, \end{cases}$$

auquel satisfait la fonction $W_{k,\mu,\nu}(x, y)$ est vérifié par définition par la fonction

$$x^{\mu+\frac{1}{2}} y^{\nu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x+y}{2}} \lim_{\rho=\infty} F_2\left(\mu + \nu - k + 1, \rho, \rho, 2\mu + 1, 2\nu + 1, \frac{x}{\rho}, \frac{y}{\rho}\right),$$

que nous désignerons par $M_{k,\mu,\nu}(x, y)$.

On a évidemment le développement suivant :

$$M_{k,\mu,\nu}(x, y) = x^{\mu+\frac{1}{2}} y^{\nu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x+y}{2}} \sum_m \sum_n \frac{(\mu + \nu - k + 1, m + n)}{(2\mu + 1, m)(2\nu + 1, n)} \frac{x^m y^n}{m!\, n!}.$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 564.

Cette fonction n'est définie que lorsque ni 2μ, ni 2ν ne sont entiers et négatifs. Si toutefois on a simultanément $2\nu = -1$ et $y = 0$, le rapport $\frac{y}{2\nu+1}$ tendant vers zéro, le développement montre que la fonction $M_{k,\mu,\nu}$ tend alors vers la fonction $M_{k,\mu}(x)$ définie par M. Whittaker ([1]). Elle tendra dans des conditions analogues vers $M_{k,\nu}(y)$.

Dans le cas général où ni 2μ, ni 2ν ne sont entiers, comme on peut remarquer que les équations restent inaltérées par le changement de μ en $-\mu$ ou de ν en $-\nu$, on aura trois nouvelles solutions par les développements

$$M_{k,-\mu,\nu}(x,y) = x^{-\mu+\frac{1}{2}} y^{\nu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x+y}{2}} \sum_m \sum_n \frac{(-\mu+\nu-k+1,\ m+n)}{(1-2\mu,\ m)(2\nu+1,\ n)} \frac{x^m y^n}{m!\,n!},$$

$$M_{k,\mu,-\nu}(x,y) = x^{\mu+\frac{1}{2}} y^{-\nu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x+y}{2}} \sum_m \sum_n \frac{(\mu-\nu-k+1,\ m+n)}{(2\mu+1,\ m)(1-2\nu,\ n)} \frac{x^m y^n}{m!\,n!},$$

$$M_{k,-\mu,-\nu}(x,y) = x^{-\mu+\frac{1}{2}} y^{-\nu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x+y}{2}} \sum_m \sum_n \frac{(-\mu-\nu-k+1,\ m+n)}{(1-2\mu,\ m)(1-2\nu,\ n)} \frac{x^m y^n}{m!\,n!}.$$

Les quatre fonctions M forment évidemment, lorsque μ et ν sont distincts, un système fondamental, et la solution générale du système (S) est

$$A_1 M_{k,\mu,\nu} + A_2 M_{k,-\mu,\nu} + A_3 M_{k,\mu,-\nu} + A_4 M_{k,-\mu,-\nu},$$

où les A sont des constantes arbitraires.

On peut donner diverses expressions de ces fonctions. En nous bornant à $M_{k,\mu,\nu}$, remarquons qu'à partir de la formule qui donne le développement de F_2, ordonné suivant les puissances croissantes de x seul, et en tenant compte de la définition de la fonction M à une variable, on pourra écrire

$$M_{k,\mu,\nu}(x,y) = e^{-\frac{x}{2}} \sum_m x^{m+\mu+\frac{1}{2}} \frac{(\mu+\nu-k+1,\ m)}{(2\mu+1,\ m)\,m!} M_{k-\mu-m-\frac{1}{2},\ \nu}(y).$$

On aurait une expression analogue en développant suivant les puissances croissantes de y.

La formule

$$F_2(\alpha, \beta, \beta', \gamma, \gamma', x, y) = (-1)^{-\alpha} \sum_m \sum_n \frac{(\alpha,\ m+n)}{m!\,n!} F(-m, \beta, \gamma, x)\, F(-n, \beta', \gamma', y),$$

([1]) Whittaker et Watson, *Modern Analysis*, 2e édition, Cambridge, 1915 p. 332, 599.

que l'on établit aisément à partir de la valeur de F_2 sous forme d'intégrale définie, nous donne, en passant à la limite,

$$M_{k,\mu,\nu}(x, y) = (-1)^{k-\mu-\nu-1} \sum_m \sum_n \frac{(\mu+\nu-k+1, m+n)}{m!\,n!} \times M_{m+\mu+\frac{1}{2},\mu}(x)\, M_{n+\nu+\frac{1}{2},\nu}(y).$$

Chacune des fonctions M à une variable figurant au second membre est le produit d'un polynome par une exponentielle et une puissance fractionnaire de la variable. On aura en effet, par exemple,

$$M_{m+\mu+\frac{1}{2},\mu}(x) = x^{\mu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x}{2}} \sum_{p=0}^{p=m} \frac{(-m, p)}{(2\mu+1, p)} \frac{x^p}{p!}.$$

Il est facile de voir qu'on a effectivement

$$M_{m+\mu+\frac{1}{2},\mu}(x) = (-1)^{m+1} x^{\mu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x}{2}} \Gamma(2\mu+1)\, m!\, T_{2\mu}^{m}(x),$$

où T est le polynome de N. Sonine (¹), défini par

$$T_p^q = \frac{x^q}{q!\,0!\,\Gamma(p+q)} - \frac{x^{q-1}}{(q-1)!\,1!\,\Gamma(p+q-1)} + \dots$$

ou encore par

$$(1+\alpha)^{-p-1} e^{\frac{\alpha x}{1+\alpha}} = \sum_{q=0}^{q=\infty} \Gamma(p+q+1)\, \alpha^q T_p^q(x),$$

d'où la formule très simple

$$M_{k,\mu,\nu}(x, y) = x^{\mu+\frac{1}{2}} y^{\nu+\frac{1}{2}} e^{-\frac{x+y}{2}} \Gamma(2\mu+1)\Gamma(2\nu+1) \times \sum_m \sum_n (-1)^{k-\mu-\nu-m-n-1} (\mu+\nu-k+1, m+n)\, T_{2\mu}^{m}(x)\, T_{2\nu}^{n}(y).$$

Les autres fonctions M peuvent naturellement être mises sous une forme analogue.

Remarquons qu'en vertu de la formule (²)

$$T_{m+\frac{1}{2}}^{n}(x) = \frac{d^{m+1}}{dx^{m+1}} U_{2(m+n+1)}(\sqrt{x}),$$

(¹) *Math. Annalen*, t. 16, 1880, p. 41.

(²) Cette formule, qui n'est pas donnée par N. Sonine, se démontre à partir de la fonction génératrice de T.

où U_n est le polynome d'Hermite, on pourra exprimer toute fonction $M_{k,\mu,\nu}$ où μ et ν sont de la forme $\frac{a}{2}+\frac{1}{4}, \frac{b}{2}+\frac{1}{4}$, a et b étant entiers, par des dérivées de polynomes d'Hermite, et par conséquent par des polynomes d'Hermite eux-mêmes. En nous reportant à un résultat établi précédemment [1], ainsi qu'à une propriété connue des polynomes d'Hermite, nous pourrons énoncer cette proposition en disant : les fonctions de l'hyperparaboloïde de révolution peuvent s'exprimer au moyen des fonctions du cylindre parabolique.

ARITHMÉTIQUE. — *Un critérium pour les nombres algébriques réels, fondé sur une généralisation directe de l'algorithme d'Euclide.* Note [2] de M. **Nils Pipping**, transmise par M. Hadamard.

1. Considérons un système de $n+1 (n \geqq 1)$ nombres positifs donnés, rangés par ordre de grandeur décroissante :

$$v_0 \geqq v_1 \geqq v_2 \geqq \ldots \geqq v_n (> 0).$$

Si ces nombres sont tous différents entre eux, nous en formerons n systèmes nouveaux, renfermant chacun $n+1$ nombres positifs, d'après la règle suivante :

Dans le $\mu^{\text{ième}}$ système ($\mu = 1, 2, \ldots, n$), le plus grand nombre, v_0, sera remplacé par la différence $v_0 - v_\mu$, les autres nombres $v_1, \ldots, v_n$ restant les mêmes.

Si aucun des n systèmes ainsi obtenus ne renferme deux nombres égaux, nous appliquerons à chacun d'eux la même règle, ce qui nous donnera n^2 systèmes nouveaux de $n+1$ nombres positifs. Ce procédé peut se continuer indéfiniment, à moins qu'il n'arrive à un moment donné que, parmi les différents systèmes fournis par notre règle, il s'en trouve au moins un qui renferme deux nombres égaux. Si cette circonstance se présente, nous conviendrons de dire que notre algorithme *s'arrête.*

Pour $n = 1$ cet algorithme se réduit évidemment à celui d'Euclide, à cela près que chaque division se trouve remplacée par autant de soustractions qu'en indique le quotient.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 833.
(2) Séance du 10 mai 1920.

2. Appliquons ce procédé aux $n+1$ quantités

$$1, \quad \omega, \quad \omega^2, \quad \ldots, \quad \omega^n,$$

ω étant un nombre positif donné. L'algorithme résultant sera appelé *l'algorithme d'ordre n, appliqué au nombre* ω.

On sait que l'algorithme d'ordre 1 s'arrête toutes les fois que ω est un nombre algébrique du premier degré, c'est-à-dire un nombre rationnel, et seulement dans ce cas. Or nous avons réussi à généraliser ce résultat comme il suit [1].

L'algorithme d'ordre n, appliqué au nombre ω, s'arrête toutes les fois que ω est un nombre algébrique de degré $\leqq n$, et seulement dans ce cas.

Il s'ensuit ce critérium général pour les nombres algébriques réels de degré $n\,(>1)$:

Pour qu'un nombre réel donné soit un nombre algébrique de degré n, il faut et il suffit que l'algorithme d'ordre n, appliqué à la valeur absolue de ce nombre, s'arrête, tandis que l'algorithme d'ordre $n-1$ ne s'arrête pas.

3. L'idée de ces recherches nous a été suggérée par un travail récent de M. Viggo Brun [2]. En partant des nombres donnés $v_0 \geqq v_1 \geqq v_2 \geqq \ldots \geqq v_n$ M. Brun en déduit *un seul* système de $n+1$ nombres, en remplaçant v_0 par $v_0 - v_1$, les autres nombres $v_1, \ldots, v_n$ restant les mêmes ; puis, du système ainsi obtenu, il déduit *un* système nouveau par l'application de la même règle, et ainsi de suite. L'algorithme de M. Brun est donc bien plus simple que le nôtre, mais il n'est guère probable qu'on puisse en tirer un critérium général pour les nombres algébriques réels de degré donné.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le mouvement de l'axe d'un solide homogène pesant de révolution qui a un point fixe sur cet axe.* Note de M. **Jules Drach.**

I. Le mouvement d'un solide pesant qui a un point fixe, dans le cas, traité par Lagrange, où l'ellipsoïde d'inertie relatif au point fixe est de

---

(1) La démonstration, qui est très élémentaire, sera publiée bientôt dans un autre Recueil.

(2) *En generalisation av Kjedebroken* I (avec un résumé en français), *Videnskapsselskapets Skrifter,* I. Mat-Nat. Klasse 1919 n° 6, Christiania.

révolution, et où le centre de gravité se trouve sur l'axe de révolution, a donné lieu à de très belles applications de la théorie des fonctions elliptiques. On ne paraît pas cependant avoir mis en évidence des éléments qui permettent une *vue d'ensemble*, *simple*, des mouvements de l'axe de révolution dans les différents cas.

Si l'on adopte les notations classiques : Oz, axe de révolution dirigé vers le centre de gravité G, Oz_1 verticale dirigée vers le haut, et si l'on désigne par P le point où l'axe Oz perce la sphère de centre O et de rayon 1, les coordonnées de P seront : la *distance zénithale* θ, $\cos\theta = u$, et l'*azimut* ϖ (angle du vertical z_1Oz avec un vertical fixe). Ces éléments sont définis par les relations

$$\left(\frac{du}{dt}\right)^2 = (\alpha - au)(1-u^2) - (\beta - br_0u)^2 = f(u), \qquad \frac{d\varpi}{dt} = \frac{\beta - br_0u}{1-u^2}$$

où α, β désignent deux constantes dépendant des conditions initiales; a, b deux constantes *positives* dépendant du corps; r_0 est la composante constante de la rotation instantanée suivant Oz.

Le polynome $f(u)$ possède trois racines réelles, deux u_1 et u_2 $(u_1 < u_2)$, comprises entre -1 et $+1$, comprennent toujours u; la troisième u_3 est supérieure à 1. Un élément important est en outre la racine u_0 de l'équation $\beta - br_0u = 0$, qui, lorsqu'elle se trouve entre u_1 et u_2, définit les points où la variation de l'azimut change de sens. C'est cet élément u_0 que nous considérons systématiquement, dans tous les cas, avec les paramètres u_1 et u_2, arbitraires entre -1 et $+1$.

II. On trouve, sans difficulté, les expressions

$$\Delta . a = b^2r_0^2\,F(u_0), \qquad F(u_0)\,u_3 = G(u_0),$$

où l'on a posé

$$F(u_0) = 2u_0(1+u_1u_2) - (1+u_0^2)(u_1+u_2),$$
$$G(u_0) = (1+u_0^2)(1+u_1u_2) - 2u_0(u_1+u_2),$$

et où Δ désigne le produit positif $(1-u_1^2)(1-u_2^2)$.

Pour que a soit positif, il faut et il suffit que $F(u_0) > 0$; la racine u_3 est alors supérieure à 1.

La variation de u est donnée par

$$\frac{du}{dt} = \frac{br_0}{\sqrt{\Delta}}\sqrt{(u_2-u)(u-u_1)(G-uF)} = \frac{br_0}{\sqrt{\Delta}}\sqrt{\lambda(u)}$$

et l'équation

$$\frac{d\varpi}{du} = \sqrt{\Delta}\,\frac{(u_0-u)}{(1-u^2)\sqrt{\lambda(u)}}$$

définit la trajectoire de P : *elle ne dépend*, en dehors de u_1 et u_2, *que de* u_0. Si l'on pose $br_0 t = \tau$, au mouvement étudié correspond un *mouvement-type* pour lequel $br_0 = 1$; au même point P de la trajectoire, les temps sont dans un rapport constant.

III. *Trajectoires.* — La condition $F(u_0) > 0$ donne des conclusions différentes suivant le signe de $(u_1 + u_2)$.

A. Si $u_1 + u_2 > 0$, u_0 doit se trouver entre les racines u'_0, u''_0, positives, de $F(u_0)$; on a ici la suite d'inégalités

$$-1 < u_1 < u'_0 < u_2 < 1 < \sigma < u''_0$$

en désignant par σ la demi-somme de u'_0, u''_0.

L'azimut ϖ compté à partir du point le plus bas de la trajectoire, sur C_1, est donné par

$$\varpi(u, u_0) = \sqrt{\Delta} \int_{u_1}^{u} \frac{(u_0 - u)\, du}{(1 - u^2)\sqrt{\lambda(u)}};$$

il croît jusqu'à la valeur $u = u_0$ (supposée entre u'_0 et u_2) puis décroît jusqu'à $u = u_2$.

Si l'on regarde $\varpi(u, u_0)$ comme fonction de u_0, on a

$$\frac{\partial \varpi}{\partial u_0} = \sqrt{\Delta}\,(u_1 + u_2)\,(\sigma - u_0) \int_{u_1}^{u} \frac{du}{(G - uF)\sqrt{\lambda(u)}},$$

donc ϖ croît avec u_0 tant que u_0 est inférieur à σ.

La dérivée de l'*azimut maximum* $\varpi(u_0, u_0)$ relative à u_0 s'obtient en faisant $u = u_0$ dans $\frac{\partial \varpi(u, u_0)}{\partial u_0}$. Donc, lorsque $u'_0 < u_0 < u_2$, l'azimut maximum $\varpi(u_0, u_0)$ croît aussi de la valeur $\varpi(u'_0, u'_0)$, que l'on peut calculer, jusqu'à $\varpi(u_2, u_2)$, qui correspond à la trajectoire R présentant un rebroussement sur le cercle C_2. Le minimum $\varpi(u'_0, u_0)$ correspond au cas où $a = 0$, G se trouve en o; la trajectoire est le demi-cercle C'_0 tangent à C_1 et C_2 aux deux points d'azimut zéro, décrit dans un mouvement de Poinsot.

On étudie de même la variation partielle de l'azimut de u_0 à u_2.

La *variation totale de l'azimut*, dans une demi-période de temps, $\varpi(u_2, u_0)$ varie de $\varpi(u_2, u'_0)$ qui correspond au cercle C'_0 et qui est nulle, jusqu'à la valeur $\varpi(u_2, u_2)$ qui correspond à R. *Elle est donc toujours positive* (M. Hadamard a démontré ce point à l'aide du théorème de Cauchy pour les fonctions de variable complexe).

Lorsque u_0 varie de u_2 à σ, $\varpi(u, u_0)$ continue à croître; sa plus grande valeur

$$\varpi(u, \sigma) = \int_{u_1}^{u} \frac{du}{(1-u^2)} \sqrt{\frac{(u_1+u_2)(\sigma-u)}{(u_2-u)(u-u_1)}}$$

définit une *courbe limite* Γ. Si u_0 varie de σ à u''_0, $\varpi(u, u_0)$ décroît et *la même région de la sphère est à nouveau balayée* jusqu'à la courbe finale obtenue pour $u_0 = u''_0$, qui est un demi-cercle C''_0 tangent à C_2 au point d'azimut π (mouvement de Poinsot). La courbe Γ est donc tout entière au delà de C''_0. On compare aisément deux trajectoires de cette région balayée deux fois : la dérivée de $\varpi(u, v_0) - \varpi(u, u_0)$ ne peut s'annuler qu'une fois entre u_1 et u'_2; si $\frac{u_0+v_0}{2} = \sigma$, la différence des azimuts a le signe de $v_0 - u_0$.

B. Si $u_1 + u_2 < 0$, u_0 est en dehors des racines u'_0, u''_0, négatives, et l'on a

$$u''_0 < \sigma < -1 < u_1 < u'_0 < u_2 < 1.$$

Lorsque u_0 varie de u'_0 à ∞, la trajectoire, d'abord C'_0, prend des formes analogues à celles signalées plus haut avec rebroussement sur C_2 pour $u_0 = u_2$; mais $\varpi(u, u_0)$ croît toujours avec u_0 et la courbe extrême est C_∞.

Quand u_0 varie de $-\infty$ à u''_0, la trajectoire est d'abord la courbe $C_{-\infty}$ symétrique de C_∞ par rapport au vertical initial; $\varpi(u, u_0)$ est négatif et croît jusqu'à la valeur $\varpi(u, u''_0)$ qui correspond au demi-cercle symétrique de C''_0. La courbe C_∞ est donc au delà de C''_0.

Lorsque $u_1 + u_2 = 0$, u_0 est positif, la trajectoire varie simplement de C'_0 à C''_0.

L'étude de la variation de la courbure géodésique de la trajectoire de P donne aussi des conclusions simples.

Il convient d'observer que la position du corps dépend du paramètre φ, donné par $\frac{d\varphi}{dt} = br_0\left(\frac{1}{b} - \frac{u_0-u}{1-u^2}\right)$; dans le mouvement-type du corps la valeur positive de b intervient donc.

CHRONOMÉTRIE. — *Le spiral compensateur et les nouveaux problèmes de la mécanique du réglage.* Note de M. Jules Andrade.

La belle et récente découverte métallurgique de M. Guillaume, le *spiral compensateur* obtenu par une fabrication *très sûre* d'un alliage fer-nickel auquel ont été incorporées cette fois des doses massives d'un troisième ou

d'un quatrième métal, réalise la *création* d'un solide dont l'élasticité augmente avec la température.

Deux conséquences, également importantes pour la Chronométrie, sont liées à cette création :

1° L'erreur *secondaire* de la compensation aux températures est enfin vaincue;

2° Le balancier vibrant des chronomètres, fondé jusqu'à présent sur l'emploi de la *bague bimétallique fendue* créée par les chronométriers anglais du XVIIIe siècle, peut aujourd'hui, en passant sous le commandement du spiral compensateur, redevenir un solide indéformable à température fixe.

Les conséquences mécaniques de ce dernier fait méritent d'être soulignées car, d'une part, elles doivent provoquer un nouveau progrès de la précision des chronomètres et, d'autre part, elles ne manqueront pas de hâter un contrôle nécessaire des lois admises dans le réglage et, par contre-coup, d'inviter nos jeunes géomètres á perfectionner l'outil mathématique de nos théories actuelles.

La bague bimétallique fendue, si précieuse hier pour la compensation, avait, on le sait, une grave imperfection mécanique; et en effet, de toutes les perturbations d'isochronisme, celle due à l'action de la force centrifuge déformant le balancier dans le cours même d'une vibration est de beaucoup la plus considérable bien que, révélée par le calcul à Phillips, elle ait échappé aux horlogers; aussi, devait-on jusqu'ici s'interdire de poursuivre à fond l'isochronisme de l'organe réglant des chronomètres. Mais, aujourd'hui, grâce à la découverte du spiral compensateur et grâce *à la disposition du balancier coupé*, il devient possible de *pousser à fond* la poursuite de l'isochronisme *surtout si*, *par l'emploi de spiraux associés et travaillant deux à deux en sens inverse*, on *fait en même temps disparaître en grande partie* la petite perturbation d'isochronisme due à *l'inertie* du *spiral*.

La mécanique du réglage va donc, grâce au spiral compensateur, pouvoir accroître encore la précision des chronomètres marins; réussira-t-elle dans cette voie au point de réaliser des *horloges chronométriques* ou *chronomètres fixes*, fondés sur l'élasticité et comparables pour la précision aux horloges astronomiques? Je le pense.

L'objet de cette Note est de préciser le but à viser dans cette direction.

Tant qu'on n'emploie qu'un seul spiral cylindrique, il est indifférent, en vue de l'isochronisme, de choisir entre la méthode des courbes terminales et la méthode Pierre Le Roy.

Mais si, pour le motif énoncé plus haut (atténuation de l'effet d'inertie du spiral), on s'adresse à des spiraux associés et conjugués, il faut évidemment employer comme associés des individus métallurgiques identiques, et reproductibles aussi égaux ou symétriques qu'on le pourra; or la certitude d'obtenir des *sosies* métalliques parfaits pour spiraux compensateurs paraît acquise aujourd'hui ; si de plus, avec un même ruban de métal non encore façonné en hélice, les *sosies* de fabrication peuvent être ensuite aussi bien assurés dans le *sens dextrorsum* que dans le *sens sinistrorsum*, il devient inutile et même nuisible de modifier les spiraux associés par des courbes terminales.

Je rappelle d'ailleurs à cet égard que j'ai démontré que deux spiraux cylindriques *Le Roy*, tous deux de mêmes forme et orientation, mais travaillant en sens inverse, transmettent à leur commun balancier une vibration fonction sinusoïdale du temps; la multiplicité des spiraux (4 ou 8) n'intervient que pour la suppression des pressions transverses et longitudinales par rapport au balancier.

Si l'on ne tient pas à la proportionnalité (du moment transmis) à l'angle d'écart du balancier par rapport à sa position d'équilibre, 2 ou 4 spiraux suffisent.

On peut en effet *graduer expérimentalement* de *bonnes balances spirales* à 4 spiraux, en *employant comme couple antagoniste* celui produit par la terre sur un *barreau aimanté porté par le flotteur* de la balance spirale.

Cette méthode sera le premier contrôle expérimental de la théorie de Résal sur les ressorts circulaires, théorie qui a été souvent utilisée en chronométrie par le regretté *Caspari* et par moi-même.

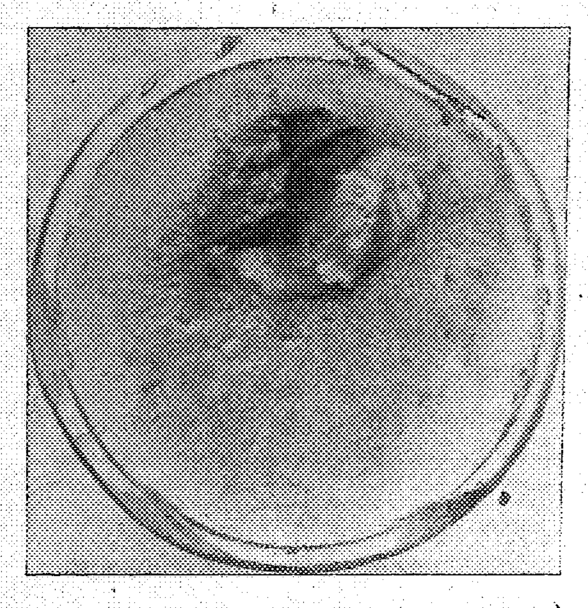
MÉTALLOGRAPHIE. — *Genèse des fissurations de certains essieux.* Note de M. Ch. Frémont, présentée par M. L. Lecornu.

Un essieu qui tourne sous un véhicule reçoit, tout autour de sa fusée, les chocs transmis par la roue et, lorsque certains de ces chocs produisent, en un point déterminé, un effort maximum instantané dépassant la limite d'élasticité du métal, il y a d'abord écrouissage plus ou moins intensif, puis, après un certain nombre de répétitions de ces chocs, il se produit une *fissuration graduelle*, de forme circulaire, par suite de la distribution périphérique des chocs.

Il en est de même pour les arbres de machines qui travaillent dans des

conditions semblables, c'est à dire en subissant, sur leur pourtour, des chocs intenses répétés plus ou moins fréquemment.

La figure 1 montre l'aspect de la cassure d'un arbre de treuil d'un ascenseur, dont la rupture a causé la mort d'une vingtaine de personnes; la fissuration a été graduelle et de forme circulaire.



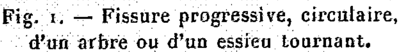


Fig. 1. — Fissure progressive, circulaire, d'un arbre ou d'un essieu tournant.

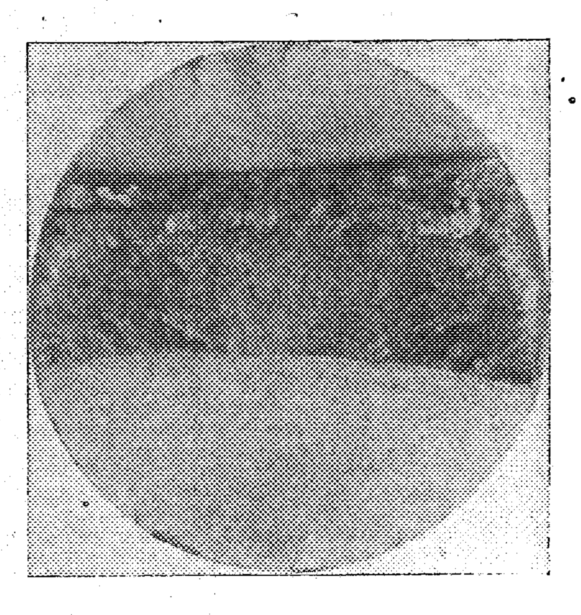


Fig. 2. — Fissures progressives, diamétralement opposées, d'un essieu fixe.

Mais lorsque l'essieu est fixe, c'est à dire qu'il ne tourne pas, les chocs, transmis au véhicule par le moyeu de la roue mobile, frappent la fusée immobile toujours du même côté, celui de la génératrice inférieure; et cependant on constate que dans ce cas la fissuration se fait non seulement de ce côté, mais aussi du côté diamétralement opposé, c'est à dire à la génératrice supérieure, là où le métal ne paraît cependant travailler qu'à la compression (fig. 2).

Cette anomalie est due au phénomène désigné depuis un siècle par les physiciens anglais, par le mot *resilience* qui veut dire rebondissement élastique.

En effet, quand un choc a produit une brusque déformation élastique de la fusée, celle-ci reprend sa position première, comme un ressort qui se détend, par une série de rapides rebondissements successifs.

Pendant ces oscillations, alternativement de sens opposé, la fibre infé-

rieure, d'abord tendue, se trouve ensuite comprimée et, inversement, la fibre supérieure d'abord comprimée se trouve alors tendue et ainsi de suite; pendant ces alternances, l'intensité de l'effort est décroissante jusqu'à l'amortissement complet.

Ces déformations élastiques sont sans influence néfaste sur la qualité du métal, aussi peuvent-elles être réitérées un très grand nombre de fois sans qu'il en résulte la moindre altération.

Il n'en est pas de même quand l'intensité du choc est assez grande pour faire dépasser au métal sa limite d'élasticité; il y a d'abord déformation permanente en un point de la génératrice inférieure la plus tendue, puis ensuite, par le fait du rebondissement élastique de la fusée, c'est le point diamétralement opposé qui, après avoir subi une première déformation permanente par compression, subit cette fois une déformation permanente par traction. On sait, par expérience, que les deux limites élastiques, à la traction et à la compression, de l'acier, sont de même valeur.

En résumé, la fusée revient à sa position initiale, au moins au début de ces déformations permanentes momentanées du métal; mais localement, le métal a été écroui alternativement par traction et par compression et ces écrouissages successifs ne s'annulent pas, au contraire, ils se superposent et, après un certain nombre de répétitions, ils produisent les deux fissurations opposées, passant chacune par les points faibles du métal de la région déformée, notamment par les inclusions non métalliques, en croissant graduellement sous chaque choc suffisamment intensif.

La fissuration par rebondissement est moins importante que la fissuration par choc direct, parce que l'effort produit par le rebondissement est plus faible que le choc initial ainsi que nous l'avons dit.

La flexion élastique de la partie centrale, comprise entre les deux fissures de la fusée, occasionne par le rebondissement un choc des deux faces opposées dans chaque fissure, ce qui produit un *matage par écrasement* des surfaces en contact et leur donne l'aspect uni que l'on constate après rupture, alors que la cassure finale à l'aspect grenu.

C'est aussi ce rebondissement qui fait sortir l'huile de graissage et permet souvent de découvrir l'existence de la fissure, dont la finesse est telle que l'œil le plus exercé ne peut parfois l'apercevoir.

Pour atténuer l'effet désastreux de ces déformations permanentes des fusées d'essieux fixes, il faut diminuer l'effort maximum instantané produit par chaque choc intensif, non seulement en employant des ressorts de suspension les plus souples et de plus grande flèche possible, mais encore et surtout en absorbant la plus grande partie possible du travail destructeur

du choc par une déformation élastique suffisante du corps de l'essieu; c'est-à-dire que, contrairement à l'usage actuel qui consiste à donner la plus grande rigidité possible au corps de l'essieu, il faut donner à celui-ci une forme de solide d'égale résistance, permettant le maximum de déformation élastique.

HYDRAULIQUE. — *Étude de l'écoulement en déversoir à l'aide de la chonophotographie.* Note (¹) de M. **P. Morin**, présentée par M. G. Charpy.

Au cours des études sur le régime du Haut-Cher dont nous avons entretenu l'Académie précédemment (séance du 24 novembre 1919), nous avons eu l'impression que les moyens employés pour la détermination du débit des cours d'eau laissaient à désirer et qu'il devait être possible de serrer de beaucoup plus près, dans certains cas, la mesure exacte de cette sorte de grandeur. Nous avons eu l'idée d'appliquer à cette mesure une méthode chronophotographique qui nous avait donné les meilleurs résultats dans des études classiques : mouvement de la chute des corps et mouvement des projectiles,

Principe. — Si un point lumineux d'éclat suffisant se déplace dans un plan parallèle à la plaque d'un appareil photographique, aplanétique et sans distorsion, celle-ci recevra une impression qui, au développement, donnera une représentation fidèle de la trajectoire du point lumineux à une certaine échelle.

Si, dans le plan où se meut le point lumineux, se trouve une règle métrique, la photographie de cette règle donnera l'échelle du dessin. Enfin, si la position de la règle est parfaitement repérée par rapport à des points fixes de l'espace et si une roue dentée tourne devant l'objectif avec une vitesse constante, connue, les occultations et poses alternatives donneront une image de la trajectoire en traits interrompus. Les extrémités de chaque segment marqueront les positions du point lumineux mobile à des intervalles de temps consécutifs et égaux. Dès lors, on aura sur la plaque tous les éléments nécessaires à la recherche de la loi du mouvement. On pourra, en particulier, calculer la vitesse moyenne du mobile dans une partie quelconque de son parcours.

(¹) Séance du 3 mai 1920.

Sur un déversoir de forme régulière, à surface bien dressée pour qu'il ne se forme pas de petits tourbillons locaux, la nappe déversante ne présente pas de différences appréciables entre les divers filets qui traversent orthogonalement une de ses sections; par conséquent, si l'on connaît la vitesse d'un filet voisin de la surface, on a celle de tous les filets passant dans la même section.

Application. — En rendant convenablement lumineux un point d'un filet superficiel, nous pouvons chronophotographier le mouvement de ce filet suivant le principe précédent. Pour obtenir le point lumineux en question, nous immergeons à l'origine de la lame déversante un petit ballon de verre argenté de 6^{cm} de diamètre, lesté de manière qu'il en émerge une demi-sphère très régulière. Le soleil forme dans ce miroir sphérique convexe une image quasi ponctuelle extrêmement brillante. L'image de ce point lumineux mobile, donnée par un objectif simple d'environ 25^{cm} de foyer, diaphragmé à 5^{mm} de diamètre, impressionne fortement une plaque ordinaire, même en se déplaçant avec une vitesse de 20^{cm} par seconde sur cette plaque.

Nous avons appliqué cette méthode au déversoir du grand barrage de Rochebut (Teillet), élevé sur le Cher, à quelques kilomètres en amont de Montluçon, dont le dessin ci-dessous (*fig.* 1) indique le profil dans sa partie

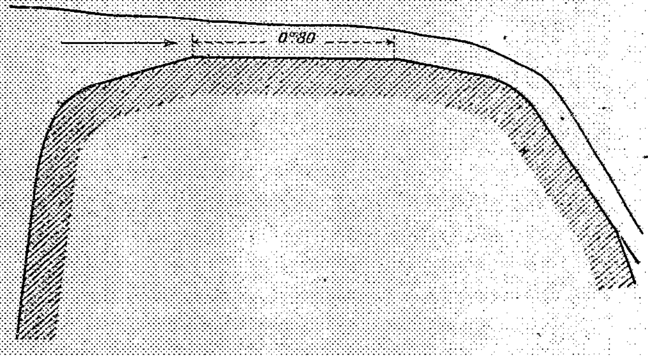


Fig. 1.

supérieure. Ce profil se prête aussi parfaitement que possible au passage régulier d'une vitesse insensible, dans le réservoir, à l'état de mouvement rapide sur le sommet de l'ouvrage qui présente une surface horizontale de 80^{cm} de large entre des plans peu inclinés se continuant eux-mêmes par des arrondis.

Nous avons disposé une mire parlante, divisée en centimètres, horizontalement, à une hauteur connue ($86^{cm},4$) au-dessus du déversoir, à environ

2^{m} d'une des extrémités de la nappe. Le bord supérieur de la mire a été réglé au niveau du centre optique de l'objectif, disposé sur une plate-forme faite exprès. Dans cette même plate-forme sont fixés les bras de fer qui portent les extrémités de la mire au-dessus de l'eau. L'épaisseur de la mire est telle qu'en tenant notre ballon suspendu par un cordon qui s'appuie sur la face postérieure, l'image du soleil se trouve dans le plan vertical passant par la face antérieure; elle y reste encore quand nous laissons le ballon s'immerger, flotter et suivre le courant. Nous reprenons le flotteur quand il a parcouru sa course utile au moyen du cordon suspenseur qui est attaché au bout d'une perche.

L'épreuve photographique ci-dessous (*fig.* 2) montre le résultat obtenu.

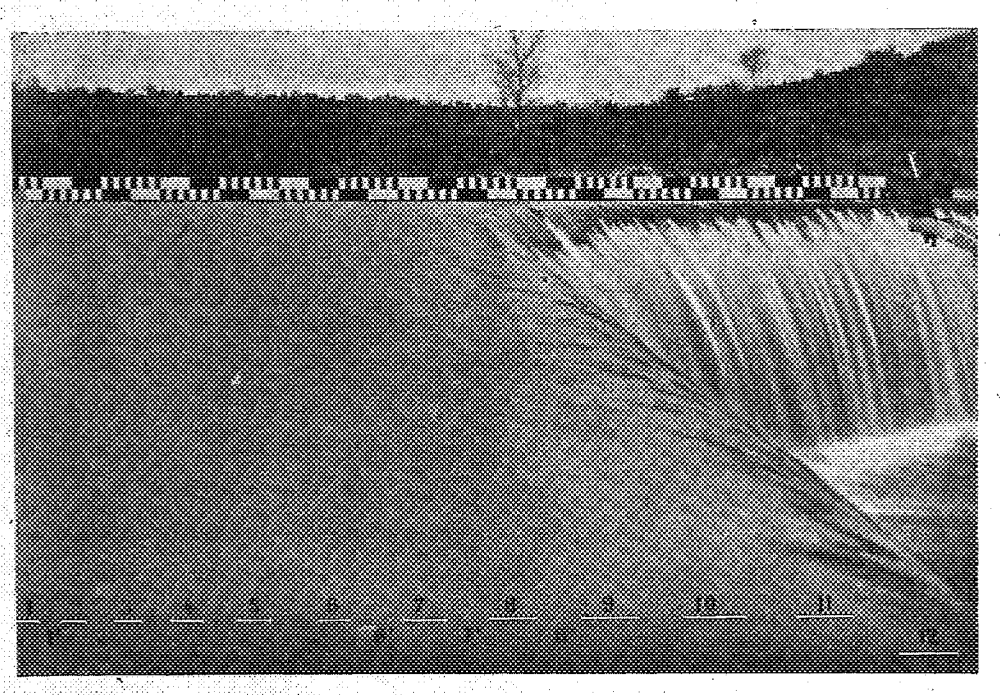


Fig. 2.

Notre roue dentée a trois dents séparées par des intervalles de mêmes dimensions que les dents ; elle est mue par un mécanisme d'horlogerie qui lui faisait exécuter 100 tours en 52″,5, lors de l'expérience, en sorte que chacun de nos segments de trajectoire correspond à une durée de parcours de 0″,0875, durée évaluée à moins de $\frac{1}{200}$.

L'examen de la courbe montre que dans un certain parcours médian,

correspondant à une portion de la partie horizontale du déversoir, le mouvement est horizontal et uniforme. Les extrémités des segments sont assez nettes pour que l'on puisse évaluer leur position, sur le cliché, à moins de $\frac{1}{5}$ de millimètre, ce qui correspond, dans la réalité, à 2^{mm} de parcours réel. Comme l'espace à mesurer est de l'ordre de 400^{mm}, c'est encore une approximation de moins de $\frac{1}{200}$. Donc, en définitive, la vitesse calculée est approchée à moins de $\frac{1}{100}$ de sa valeur. D'autre part, l'épaisseur de la lame déversante, qui peut être mesurée sur la photographie, a été mesurée directement sur place. Cette dernière mesure peut encore se faire avec une approximation du même ordre que les précédentes. Donc, en définitive, la détermination directe des débits peut se faire ainsi dans des conditions d'exactitude les meilleures qu'on puisse désirer.

En même temps que nous déterminons l'épaisseur de la lame déversante en autant de points que nous voulons, nous déterminons la charge sur le déversoir. Par la répétition de ces diverses observations pour des charges différentes, nous pourrons établir avec sûreté un barème donnant les débits du déversoir pour toutes les charges susceptibles d'intervenir. Si, d'autre part, nous obtenons, par enregistrement continu, les variations de la charge aux diverses périodes de déversement, il nous sera possible d'évaluer les débits annuels avec toute l'exactitude nécessaire.

OPTIQUE. — *Sur le grossissement optimum d'une lunette.* Note de M. **Battestini**, transmise par M. A. Blondel.

Nous nous sommes proposé, dans des expériences effectuées à la Commission d'Études pratiques d'Optique et de Télémétrie, de déterminer le grossissement optimum d'une lunette d'observation pour un éclairement donné du champ réel et particulièrement un éclairement faible.

Valeur théorique du pouvoir séparateur. — Nous avons établi d'abord une formule théorique du pouvoir séparateur en fonction de l'éclairement du champ réel E, du diamètre de l'objectif D, et du grossissement G, à partir de la loi des sensations de Fechner, $\log \frac{e}{e_0}$; e désignant l'éclairement de l'image rétinienne et e_0 l'éclairement rétinien limite au-dessous duquel le pouvoir séparateur de l'œil tombe à zéro. Nous avions emprunté cette formule à une Communication de M. Blondel (¹).

(¹) A. Blondel, *Sur la portée des projecteurs de lumière sur terre et sur mer* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 48 et 114).

Soient :

s la surface apparente d'un objet;
$B = h \times E$ son éclat, h étant un coefficient plus petit que 2;
d la distance de l'objet;
φ la distance focale de l'œil.

On a

$$(1) \qquad e = \frac{\text{flux de lumière}}{\text{aire de l'image rétinienne}} = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 \times \frac{Bs}{d^2}}{G^2 \times \varphi^2 \times \frac{s}{d^2}} = \frac{\pi}{4} \frac{D^2 B}{G^2 \varphi^2}.$$

Comme d'autre part, dans le champ réel, le pouvoir séparateur de l'œil est multiplié par le grossissement, le pouvoir séparateur de la lunette, sans tenir compte ici du diamètre de la tache de diffusion qui dans des lunettes courantes correspond à des valeurs du pouvoir séparateur bien supérieures à celles que nous avons trouvées dans nos expériences, a pour valeur

$$(2) \qquad P_s = G \log \frac{B}{e_0} \frac{\frac{\pi}{4} D^2}{G^2 \varphi^2}.$$

Nous obtenons la valeur du grossissement optimum en annulant la dérivée du pouvoir séparateur par rapport au grossissement, d'où :

$$\log \frac{B}{e_0} \frac{\frac{\pi}{4} D^2}{G^2 \varphi^2} - G \times \frac{2}{G} = 0;$$

$$(3) \qquad \frac{\pi}{4} B \frac{D^2}{G^2} = R; \qquad \sqrt{hE} \times \frac{D}{G} = \text{const}.$$

Expériences. — Pour vérifier cette formule, nous avons observé au moyen de deux lunettes, dont le grossissement pouvait varier respectivement de 2,5 à 7 et de 7 à 20, des mires constituées par des cercles noirs peints sur fond bleu, soit isolés, soit disposés au nombre de cinq en quinconce dans chaque mire; le diamètre était variable d'une mire à l'autre. Nous opérions en chambre noire et nous éclairions ces mires par une lampe d'intensité constante que nous en écartions plus ou moins. Nous avions choisi la couleur noire pour les cercles et le fond bleu afin de nous rapprocher des conditions pratiques de l'observation sur mer et dans le ciel. La première lunette avait un objectif de 23^{mm}, la deuxième de 50^{mm}.

Dans une première série d'observations nous avons vérifié que, pour un

grossissement donné, le pouvoir séparateur variait en fonction de l'éclairement suivant une courbe logarithmique.

Dans une deuxième série d'observations, nous avons déterminé la valeur du grossissement qui convenait le mieux à différents éclairements; nous avons trouvé :

	E.	G.
Lunette de 7 à 20.	1,8 lux	10 au moins. Au-dessus, la mise au point devenait difficile.
	0,8 »	8
Lunette de 2,5 à 7	0,8 »	7
	0,5 »	5
	0,3 »	4

Ces chiffres concordent avec la formule (3).

Pour des éclairements plus faibles, les observations ne paraissent obéir à aucune loi; cela tient à l'influence que prend alors le coefficient personnel de fatigue ou d'inattention de l'observateur. Le grossissement paraît être indifférent; ce n'est que pour des éclairements très faibles, de l'ordre du $\frac{1}{100}$ de lux, que l'on retrouve la supériorité des faibles grossissements; avec les grossissements supérieurs on ne peut plus rien distinguer, mais l'attention de l'observateur doit être tellement attirée sur le point à observer que l'on ne peut guère retenir ces résultats en ce qui concerne les instruments d'observation.

De la même formule $\sqrt{E}\,\frac{D}{G} =$ const., nous déduisions que le grossissement optimum, avec un éclairement déterminé, était proportionnel au diamètre de l'objectif, c'est-à-dire que le diamètre de l'anneau oculaire optimum était constant. Nous ne l'avons pas vérifié sur les deux lunettes 5 à 20 et 2,5 à 7, car la deuxième était mieux entretenue; par contre, avec une troisième lunette, 5 à 21, ayant un objectif de 43^{mm}, nous avons trouvé que pour les éclairements 0,5 et 0,3, les valeurs du grossissement optimum étaient sensiblement doubles de celles trouvées avec la lunette 2,5 à 7 dont l'objectif mesurait 23^{mm}.

On remarquera que le pouvoir séparateur de la lunette, égal à G log KE, est alors proportionnel au grossissement et au diamètre de l'objectif.

Conclusions. — Le grossissement d'une lunette devrait pouvoir être réduit proportionnellement à la racine carrée de l'éclairement du champ réel pour que l'acuité visuelle obtenue fût à chaque instant la meilleure. Il est inutile, bien entendu, que l'anneau oculaire dépasse la pupille de l'œil dilatée à son maximum A. Il existe donc un éclairement E*m* au delà duquel après

avoir réduit le grossissement, on lui conservera sa valeur avec avantage. Admettons pour A une valeur de 10^{mm}, dans le cas de l'objectif de 50^{mm} (0,8 lux; grossissement optimum égal à 8) :

$$E_m . \overline{10}^2 = 0,8.\left(\frac{50}{8}\right)^2, \qquad E_m \approx 0,3.$$

Cette valeur de l'éclairement est fonction des qualités intrinsèques de la lunette, puisque nous trouvons pour celle de 2,5 à 7, meilleure que l'autre, 0,12. On peut dire néanmoins qu'il est voisin d'un éclairement de 0,2 lux par nuit claire avec pleine lune. Si donc on ne s'encombre pas d'une lunette à grossissement variable, très lourde, et, si l'on préfère utiliser des lunettes à grossissement fixe, il faudra en employer une à fort grossissement pour le jour et une autre avec un anneau oculaire égal à la pupille de l'œil dilatée à son maximum pour la nuit; en outre, comme cette dernière n'aura sa pleine efficacité que très tard, les exigences du service à assurer pourront nécessiter une troisième lunette ayant un anneau intermédiaire, de 6^{mm} par exemple.]

ÉLECTRICITÉ. — *Calculs et diagrammes des lignes de transport de force à longue distance.* Note [1] de M. L. **Thielemans**, présentée par M. A. Blondel.

La connaissance des constantes d'une ligne aérienne à longue distance permet de calculer l'impédance Z et l'admittance Y, mises sous forme de quantités complexes, de la ligne. Si l'on se donne d'autre part la tension (V_0) et l'intensité (I_0) à l'extrémité de la ligne, la tension (V) et l'intensité (I) au départ sont données par les relations connues

$$(1) \qquad \begin{cases} (V) = (V_0)\,\mathrm{ch}\sqrt{YZ} + (I_0)\dfrac{\sqrt{Y}}{\sqrt{Z}}\,\mathrm{sh}\sqrt{YZ} \\ (I) \;= (I_0)\;\mathrm{ch}\sqrt{YZ} + (V_0)\dfrac{\sqrt{Z}}{\sqrt{Y}}\,\mathrm{sh}\sqrt{YZ}, \end{cases}$$

le signe ( ) désignant des quantités vectorielles.

Les formules (1) peuvent s'interpréter par deux diagrammes (un dia-

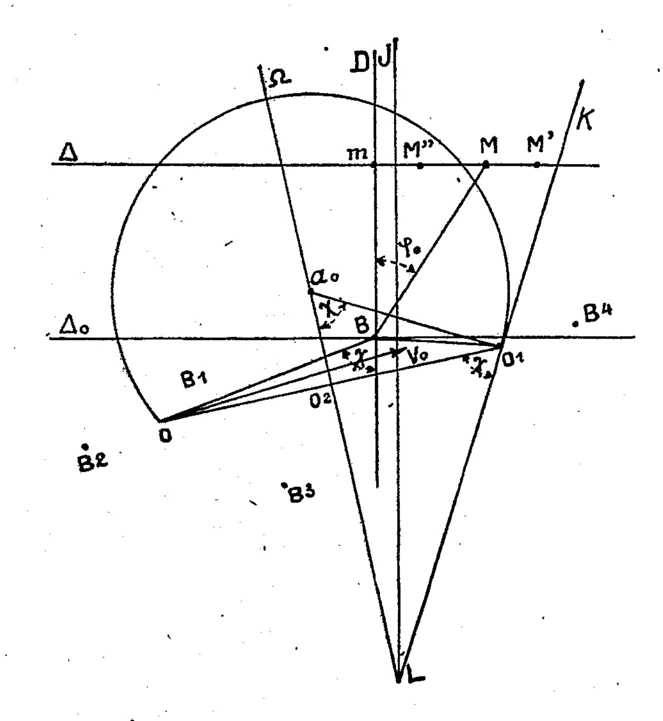
---

[1] Séance du 10 mai 1920.

gramme de tension et un diagramme d'intensité), les quantités ch $\sqrt{YZ}$ et sh $\sqrt{YZ}$ étant de la forme $A + Bj (j = \sqrt{-1})$ [1].

Diagramme total. — Nous avons établi que ces deux diagrammes pouvaient être soudés l'un à l'autre, le deuxième étant transformé par similitude par changement d'échelle et par rotation d'un certain *angle* χ.

Le diagramme total ainsi obtenu, *si l'on suppose* V_0 *constant*, est applicable à tout le plan, *quel que soit* I_0. Il est *tripolaire* et se présente sous la forme ci-annexée. Il comporte un triangle fondamental OO_1B. Si M est



un point du plan (dit point de fonctionnement de la charge), OM, O_1M et BM donneront respectivement *à trois échelles différentes* la tension au départ (V), l'intensité au départ (I) et l'intensité à l'arrivée (I_0).

Deux droites complètent le squelette du diagramme : la droite BD origine des vecteurs I_0 faisant l'angle χ avec OB; la droite O_1K faisant le

(1) La mise en place de ces diagrammes résulte du théorème de Blondel, établissant que le régime en charge est la superposition du régime à vide et du régime en court circuit. M. Blondel a déjà donné les diagrammes de force des ampères et des volts (*Lum. électr.*, t. 2, n° 19, 1908).

même angle χ avec OO_1 et qui coupe en un point L la perpendiculaire O_2 élevée sur le milieu O_2 de OO_1.

On démontre :

1° Que OM représentant, comme nous venons de le dire, le courant (I_0), sa projection Bm sur D représentera à la même échelle le courant watté et Mm le courant déwatté correspondant. On en déduit :

a. Que l'angle $MBm = \varphi_0$ (décalage du courant I_0 sur la tension V_0; dans le cas de figure, il s'agit d'un décalage en arrière);

b. Que si M se déplace sur une droite Δ perpendiculaire à D, la puissance à l'arrivée $P_0 = KV_0I_0 \cos\varphi_0$ (¹) reste constante. On peut donc tracer une échelle de *puissance* sur D ou mieux un réseau de droites Δ (*lieu de puissance constante à l'arrivée*); parmi ces droites se trouve la droite Δ_0 menée par le point B qui correspond à la marche à puissance nulle. On trouve ainsi pour un point M déterminé *tous les éléments à l'arrivée*.

2° *a*. *Que les circonférences* passant par les deux points O et O_1 et ayant par conséquent leurs centres sur $O_2\,\Omega$ sont les lieux des points pour lesquels le facteur de puissance $\cos\varphi$ *au départ* est constant. Nous avons tracé sur le diagramme la circonférence tangente en O_1 à LK et ayant son centre en a_0. Pour tous les points de cette circonférence on a $\cos\varphi = 1$. L'échelle des centres des cercles sur $O_2\,\Omega$ est d'autre part la transformée homographique *d'une échelle de tangentes* facile à tracer.

b. *Que les circonférences de centre L* représentent les lieux des points pour lesquels la puissance P *au départ* est constante.

Nous avons trouvé une *échelle métrique* permettant le tracé rapide de ces circonférences.

On obtient ainsi pour un point M la valeur *de tous les éléments au départ*, OM donnant la valeur de V, et O_1M celle de I, comme il est dit plus haut.

3° *Que des circonférences* ayant d'une part leurs centres sur la droite LJ menée par L parallèlement à D, ayant d'autre part pour axe radical commun la droite Δ_0 représentent les lieux des points *à rendement constant*. Pour les déterminer, il suffit d'en connaître une seule, la graduation de l'échelle des centres sur LJ étant une *graduation inverse*. Les maxima de rendement *pour des charges considérées* correspondent aux points de LJ.

(¹) Pour une ligne triphasée $K = 3$.

Il y a un point de rendement maximum absolu (cercle de rayon nul du faisceau).

Abaque. — Le tracé des réseaux de droites et de cercles transforme le diagramme en un véritable abaque à entrecroisement.

PHYSIQUE. — *Les propriétés des fluides au voisinage du point critique et les équations caractéristiques.* Note de M. G. BRUHAT, présentée par M. J. Violle.

L'hypothèse de la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux peut s'exprimer par l'existence d'une relation $p = f(v, T)$, valable dans tout le domaine où le fluide est observable; ce domaine est limité par la courbe de saturation, c'est-à-dire, à une température T, par les volumes spécifiques u et u' du liquide et de la vapeur en équilibre sous la pression p. L'existence d'un point critique, dont je prendrai les coordonnées pour unités, s'exprime par le fait que, T tendant vers 1, u et u' tendent vers 1, ainsi que p. La fonction f est continue dans tout le domaine du fluide, y compris les points de la courbe de saturation et le point critique, quand on tend vers ces points par tous les chemins observables; j'admettrai de plus que ses dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre existent et sont continues dans les mêmes conditions.

La pression en un point observable voisin du point critique peut alors être représentée par la formule de Taylor jusqu'au quatrième terme. La combinaison, par soustraction et addition, des relations obtenues pour les deux états u et u', donne :

$$(1)\qquad 0 = \frac{\partial f}{\partial v} - \frac{\varepsilon - \eta}{2}\frac{\partial^2 f}{\partial v^2} - \theta\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial T} + \frac{\varepsilon^2 - \varepsilon\eta + \eta^2}{6}\frac{\partial^3 f}{\partial v^3}, \quad \ldots,$$

$$(2)\qquad \varpi = \frac{\varepsilon - \eta}{2}\frac{\partial f}{\partial v} + \theta\frac{\partial f}{\partial T} - \frac{\varepsilon^2 + \eta^2}{4}\frac{\partial^2 f}{\partial v^2} - \frac{\varepsilon - \eta}{2}\theta\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial T}, \quad \ldots,$$

$$(p = 1 - \varpi, \qquad T = 1 - \theta, \qquad u = 1 - \varepsilon, \qquad u' = 1 + \eta).$$

La relation (1) montre qu'au point critique $\frac{\partial f}{\partial v} = 0$; comme, pour $T = 1$, toutes les valeurs de v correspondent à des états d'équilibre stable observables $\left(\frac{\partial f}{\partial v} \leqq 0\right)$, on a également $\frac{\partial^2 f}{\partial v^2} = 0$. Si l'on ajoute aux hypothèses précédentes celle que $\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial T}$ et $\frac{\partial^3 f}{\partial v^3}$ ne sont pas nulles, on voit que θ est du deuxième ordre par rapport à ε.

La pression de vapeur p est donnée par le théorème de Maxwell

$$p(u'-u)=\int_u^{u'} f(v,\mathrm{T})\,dv. \tag{3}$$

La valeur de ϖ, fournie par la relation (2), et sa comparaison avec celle qu'on déduit de l'équation (3) donnent

$$\lim\frac{dp}{d\mathrm{T}}=\lim\frac{\varpi}{\theta}=\frac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}; \tag{4}$$

$$\eta=\varepsilon+\lambda\varepsilon^2\ldots,\qquad \theta=\mathrm{A}\varepsilon^2\ldots,$$

$$\mathrm{A}=\frac{1}{6}\,\frac{\dfrac{\partial^3 f}{\partial v^3}}{\dfrac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial \mathrm{T}}},\qquad \lambda=\frac{1}{3}\,\frac{\dfrac{\partial^3 f}{\partial v^2\,\partial \mathrm{T}}}{\dfrac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial \mathrm{T}}}-\frac{1}{5}\,\frac{\dfrac{\partial^4 f}{\partial v^4}}{\dfrac{\partial^3 f}{\partial v^3}}; \tag{5}$$

$$\lim\frac{du'}{du}=-\lim\frac{\eta}{\varepsilon}=-1,\qquad \lim\frac{d\left(\dfrac{1}{u}\right)+d\left(\dfrac{1}{u'}\right)}{2\,d\mathrm{T}}=-\frac{1}{\mathrm{A}}\left(1-\frac{\lambda}{2}\right); \tag{6}$$

$$\lim\frac{d^2p}{d\mathrm{T}^2}=-\frac{\lambda}{\mathrm{A}}\,\frac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial \mathrm{T}}+\frac{\partial^2 f}{\partial \mathrm{T}^2}+\frac{\lambda}{2\mathrm{A}^2}\,\frac{\partial^3 f}{\partial v^3}-\frac{1}{\mathrm{A}}\,\frac{\partial^3 f}{\partial v^2\,\partial \mathrm{T}}+\frac{1}{12\mathrm{A}^2}\,\frac{\partial^4 f}{\partial v^4}. \tag{7}$$

D'après les hypothèses faites, toutes ces quantités sont finies, et la première n'est pas nulle $\left(\dfrac{\partial^2 f}{\partial v\,\partial \mathrm{T}}\neq 0\right.$, et $\dfrac{\partial f}{\partial \mathrm{T}}>0$ en tout autre point de l'isotherme critique$\left.\right)$. On sait que ces résultats interviennent dans l'étude des propriétés calorifiques ([1]) : *on voit qu'ils peuvent se déduire des hypothèses générales sur la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux.*

Les valeurs (4) et (7) peuvent être comparées à celles données expérimentalement par les courbes de pression de vapeur (avec peu de précision pour la seconde), la valeur (6) avec l'inclinaison a du diamètre rectiligne. Voici les résultats pour les équations de Van der Waals et de Clausius prises sous la forme :

$$p=\frac{8\mathrm{T}}{3v-1}-\frac{3}{v^2};\qquad p=\frac{8\mathrm{T}(1+\beta)}{3v-1+2\beta}-\frac{3(1+\beta)^2}{(v+\beta)^2}\varphi(\mathrm{T}),$$

où β et $\varphi(\mathrm{T})$ sont quelconques, avec $\varphi(1)=0$, $\varphi'(1)<0$:

([1]) Duhem, *Mécanique chimique*, Livre IV. — Raveau, *Journ. de Phys.*, 3e série, t. 1, 1892, p. 461. — Ariès, *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 51.

	$\lim \frac{dp}{dT}$.	$\lim \frac{d^2p}{dT^2}$.	a.
Van der Waals...	4	9,6	$-0,4$
Clausius.........	$4-3\varphi(1)$	$9,6[1-\varphi'(1)]^2-3\varphi''(1)$	$-4[1-\varphi'(1)](1+\beta)(0,1+\beta)$
» $[\varphi(T)=T^{-1}]$.	7	32,4	$-8(1+\beta)(0,1+\beta)$
Hydrogène.......	5	»	$-0,24$
Oxygène.........	4,75	18	$-0,71$
Gaz carbonique..	6,6	37	$-0,86$
Pentane.........	6,8	26,5	$-0,97$
Eau.............	7,1	26	»
Alcool éthylique.	8,2	52	$-1,02$

On voit que les nombres expérimentaux sont en général compris entre ceux donnés par les équations caractéristiques classiques; les différents corps se rangent dans le même ordre, que l'on considère $\lim \frac{dp}{dT}$ ou a, les gaz permanents se rapprochant davantage de l'équation de Van der Waals. L'équation de Clausius fournit des valeurs acceptables de a à condition de prendre β assez faible ($<0,1$); la courbe de pression de vapeur qu'elle fournit est d'ailleurs complètement indépendante de la valeur de ce coefficient [1].

OPTIQUE. — *Sur la discussion de l'expérience de Michelson.* Note [2] de M. Jean Villey, présentée par M. Bouty.

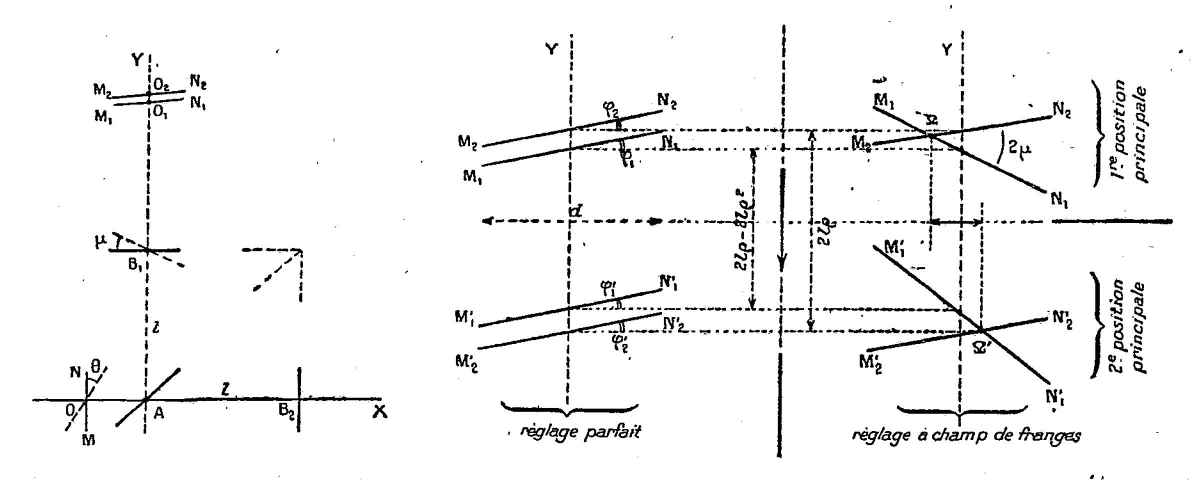
Dans une Communication présentée le 22 avril 1919 (t. 168, p. 837), M. Righi a donné des formules très commodes pour discuter l'expérience de Michelson. Elles évaluent, dans l'hypothèse classique de l'éther isotrope immobile, d'une part les coordonnées X_1Y_1 et X_2Y_2 des points centraux O_1 et O_2 des deux ondes conjuguées $M_1O_1N_1$ et $M_2O_2N_2$, images d'une même onde plane incidente MON; d'autre part les angles φ_1 et φ_2 de ces ondes avec l'orientation commune qu'elles auraient en l'absence de translation terrestre. Ces formules sont établies dans le cas du *réglage parfait*, c'est-à-dire dans le cas où les deux miroirs B_1 et B_2 sont rigoureusement perpendiculaires l'un sur l'autre, le miroir semi-argenté A rigoureusement orienté suivant le plan bissecteur du dièdre B_1, B_2, et le plan MON des

[1] Ce résultat se déduit immédiatement des calculs de Clausius (Clausius, *Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 619. — Ariès, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 964).

[2] Séance du 10 mai 1920.

ondes incidentes rigoureusement parallèle au miroir B_2 : L'appareil ne peut pas, dans ces conditions, donner un champ de franges observable.

Considérons, pour préciser la discussion, le cas particulier où l'on passe de la première à la seconde position principales (translation terrestre parallèle au faisceau incident OX, ou perpendiculaire sur lui).



Les formules de M. Righi (dans lesquelles il suffit de faire successivement $\delta = 0$ et $\delta = -90°$) conduisent immédiatement au résultat suivant : Dans cette rotation de 90°, les centres O_1 et O_2 des deux ondes $M_1O_1N_1$ et $M_2O_2N_2$ subiront séparément, dans le sens de leur propagation, les translations

$$-(y'_1 - y_1) = 2l\rho - 2l\rho^2 \quad \text{et} \quad -(y'_2 - y_2) = 2l\rho.$$

Par conséquent le mouvement relatif des deux ondes comporte une translation relative $2l\rho^2$, combinée avec une rotation relative qui est pratiquement négligeable dans le cas du réglage parfait : On trouve en effet

$$(\varphi'_1 - \varphi_1) = -2\rho^2 \quad \text{et} \quad (\varphi'_2 - \varphi_2) = 0;$$

cette rotation provoque donc, dans la largeur d (quelques centimètres) du faisceau utile, des variations de l'écartement entre les deux ondes au plus égales à $2\rho^2 d$, c'est-à-dire très petites par rapport à leur translation relative d'ensemble $2\rho^2 l$ $\left(l \text{ est la distance } AB_1 = AB_2;\ \rho \text{ le rapport } \frac{v}{V} = 10^{-4}\right)$.

Les deux ondes $M_1O_1N_1$ et $M_2O_2N_2$ se déplacent donc en restant *pratiquement* parallèles entre elles ($\varphi_1 - \varphi_2 = \rho^2$) et parallèles à leur orientation initiale ($\varphi'_1 - \varphi_1 = -2\rho^2$), leur écartement variant de façon continue de

$(y_2 - y_1) = l\rho^2$ à $(y'_2 - y'_1) = -l\rho^2$. Il doit en résulter seulement une variation continue, d'ailleurs très faible, de l'intensité résultante du champ lumineux (pratiquement uniforme), avec maximum au moment où, l'écartement passant par zéro, il y a addition complète des deux vibrations synchrones. L'intensité finale (2e position principale) est égale à l'intensité initiale (1re position); le phénomène visible subit une modification nulle au total, avec modifications intermédiaires très difficilement repérables

Supposons, au contraire, qu'on ait réalisé un champ de franges de Fresnel en faisant tourner le miroir plan B_1 d'un angle μ autour d'un axe passant par son centre et parallèle à l'arête du dièdre $B_1 B_2$; l'onde $M_2 N_2$ n'est en rien modifiée, l'onde $M_1 N_1$ pivote autour de son point central d'un angle égal, en première approximation, à 2μ, et coupe l'onde $M_2 N_2$, dans le champ d'observation, suivant une arête Ω qui définit la frange centrale. Les calculs des coordonnées des points centraux O_1 et O_2 donnent encore, dans la translation relative, le terme $2l\rho^2$ (1); le schéma ci-dessus montre immédiatement que cette translation relative entraîne un glissement transversal de l'arête d'intersection (et par conséquent de tout le champ de franges) égal à la fraction $\frac{2l\rho^2}{\lambda}$ d'un intervalle entre franges.

C'est le résultat classique; il découle immédiatement de l'effet de translation relative des deux ondes. En réalité, il est à corriger des effets supplémentaires de rotation relative qui peuvent s'introduire par suite des réglages réels; mais on vérifie facilement que, dans des conditions de réglage tout à fait normales, ces effets de rotation restent pratiquement négligeables vis-à-vis de l'effet de translation, comme ils le sont dans le cas du réglage parfait :

Les deux facteurs d'altération à envisager sont l'ouverture angulaire 2θ non nulle du faisceau incident et le déréglage angulaire μ du miroir B_1. Il suffit d'appliquer la formule simple donnée par M. Righi pour exprimer (d'après le principe de Huygens) la rotation supplémentaire 2ω imposée à un rayon réfléchi par la translation terrestre qui entraîne le miroir réflecteur. En y introduisant les angles θ et μ par les premiers termes de leurs développements, on arrive immédiatement au résultat suivant : Lorsque l'appareil passe de la première à la seconde position principale, la rotation relative des deux ondes $M_1 O_1 N_1$ et $M_2 O_2 N_2$ comprend, outre le terme en ρ^2 du réglage parfait, un terme en $\rho.\theta$ et un terme en $\rho.\mu$. Pour que ces termes soient pratiquement

(1) Auquel s'ajoutent des termes en $l\rho\mu$, $l\mu^2$, ...; leurs divers coefficients dépendent de la position exacte de l'axe autour duquel on a exécuté la rotation μ, mais ils sont tous fonction de μ : *a priori*, ils ne pourraient donc compenser le terme $2l\rho^2$ que pour des valeurs isolées et accidentelles de μ.

négligeables, comme le premier, par rapport à l'effet de translation, il suffit que θ et μ soient séparément plus petits que ρ.

Ces conditions sont réalisées si, d'une part, on emploie un collimateur éclairant de distance focale au moins égale à 50^{cm}, muni d'une fente de $\frac{1}{10}$ de millimètre, et si, d'autre part, on réalise, par rotation de B_1, un champ de franges de Fresnel d'écartement entre franges au moins égal à 3^{mm} (pour $\lambda = 5.10^{-5}$). Pour avoir des franges bien nettes, on devra, à cause de l'ouverture angulaire non nulle 2θ, mettre la lunette d'observation au point sur leur plan de localisation.

Les conditions, très peu restrictives, définies ci-dessus, suffisent donc pour que la conclusion classique (c'est-à-dire qu'il devrait se produire un déplacement appréciable des franges), résulte *immédiatement* des formules de M. Righi. M. Langevin a d'ailleurs établi une démonstration générale, dont je n'avais pas eu connaissance, en tenant compte des rotations des divers miroirs (A; B_1; B_2) qui peuvent intervenir, séparément ou simultanément, pour créer un champ de franges observable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Accélération de la décomposition du peroxyde d'hydrogène par le rhodium colloïdal.* Note de MM. **C. Zenghelis** et **B. Papaconstantinos**, présentée par M. G. Lemoine.

Dans une Note précédente [1], nous avons exposé le procédé par lequel nous avons préparé le rhodium colloïdal dans l'acide protalbinique, et son action catalytique pour la synthèse de l'ammoniac. Nous publions ici les résultats que nous avons obtenus en mesurant son action catalytique sur la vitesse de la décomposition du peroxyde d'hydrogène.

Les solutions étaient les suivantes :

20^{cm^3} perhydrol dilué (1 mol-gr dans 22^l d'eau);
20^{cm^3} soude caustique (1 mol-gr dans 50^l d'eau);
20^{cm^3} de solution colloïdale de rhodium de concentration variée.

La solution de permanganate, servant à la détermination du peroxyde, contenait $0^g,237$ par litre.

Temps (en minutes).....	0.	1.	4.	7.	15.	20.	25
A. Permanganate (cm^3)...	23,02	20,35	14,75	10,45	4,40	1,90	0
	23,15	20,30	14,65	10,4	4,30	1,85	0

Température, 13°. Rhodium : 1 at-g dans 2100^l.

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 883.

Temps (en minutes).......	0.	1.	30.	60.	120.	180.
B. Permanganate (cm^3).....	22,0	20,6	12,7	7,5	2,4	0

Température, 11°. Rhodium : 1 at-g dans 21000[l].

Temps (en minutes).....	0.	30.	90.	150.	180.	200.	230.
C. Permanganate (cm^3)....	23,05	18,05	10,8	4,6	0,9	0,5	0

Température, 13°. Rhodium : 1 at-g dans 2100000[l].

Nous avons calculé la constante de la vitesse pour les réactions unimoléculaires, d'après la formule $K = \frac{1}{t\,0,4343}\,\mathrm{Log}\,\frac{a}{a-x}$, et nous avons trouvé les chiffres suivants :

	Temps.	$a-x$.	K.
A.	15 minutes	4,4	0,1109
	30 »	1,9	0,1250
B.	30 »	12,7	0,0182
	60 »	7,5	0,0175
	120 »	2,4	0,0186
C.	90 »	10,8	0,0082
	150 »	4,6	0,0107
	180 »	0,9	0,01915

Il en résulte que la décomposition, surtout dans les solutions qui ne sont pas très diluées, suit la formule des réactions *unimoléculaires*.

Dans les mêmes conditions, avec le peroxyde ordinaire du commerce, les nombres que nous avons obtenus ne diffèrent presque pas des précédents.

Nous avons étudié la même décomposition, après avoir fait passer un courant d'*hydrogène* dans la solution colloïdale pendant 15 minutes. La réaction, tout en suivant la même formule pour la vitesse, *s'accomplit plus vite*.

Temps en minutes...	0.	1.	5.	7.	10.	12.	15.
A. Permanganate (cm^3)....	22,4	11,6	1,7	0,85	0,45	0,2	0

Température, 14°. Rhodium : 1 at-g dans 2100[l].

Temps en minutes...	0.	1.	5.	10.	15.	30.	60.	90.	105.	120.
B. Permanganate (cm^3)...	22,3	20	14,8	13,2	11,6	7,4	4,9	1,7	1,0	0
	24,4	20	14,7	13,1	11,4	7,3	4,5	1,5	0,6	0

Température, 14°. Rhodium : 1 at-g dans 21000[l].

Calcul de K *pour* A.

Temps en minutes.	$a-x$.	K.
5.....	1,70	0,5155
7.....	0,85	0,4673
10.....	0,45	0,3907

Calcul de K *pour* B.

Temps en minutes.	$a-x$.	K.
15.....	11,6	0,0431
60.....	4,9	0,0250
105.....	1,0	0,0295

Si, au lieu d'hydrogène, on fait passer un courant d'*oxyde de carbone* pendant 15 minutes, on obtient également *une accélération de la réaction.*

Temps en minutes...	0.	1.	3.	5.	7.	10.	12.	15.	20.
A. Permanganate (cm^3).	22	12,8	5,4	2,5	10	0,5	0,35	0,2	0
	22,7	12,6	5,2	2,6	10,5	0,5	0,35	0,2	0

Température, 12°. Rhodium : 1 at-g dans 2100^l.

Temps en minutes.	0.	5.	10.	30.	40.	60.	90.	120.	180.	210.	240.
B. Permanganate (cm^3)......	22,3	19,4	16,3	13,3	11,3	8,5	5,9	3,6	1,3	0,4	0
	»	19,5	16,4	13,3	11,3	8,55	5,8	3,6	1,3	0,45	0
	»	20,4	17,1	14	»	8,5	5,4	3,4	1,3	0,3	0

Température, 12°. Rhodium : 1 at-g dans 21000^l.

Calcul de K *pour* A.

Temps en minutes.	$a-x$.	K.
3.....	5,4	0,4791
5.....	2,5	0,4412
7.....	1,0	0,4493
15.....	0,2	0,3156

Calcul de K *pour* B.

Temps en minutes.	$a-x$.	K.
30.....	13,3	0,0172
60.....	8,5	0,0161
90.....	5,9	0,0148
120.....	3,6	0,0152

On pouvait s'attendre plutôt à un retardement, puisque, comme Bredig (¹) l'a constaté, l'oxyde de carbone empoisonne la réaction et agit comme un catalysateur négatif.

Mais l'oxyde de carbone, comme nous l'avons exposé dans notre Note précédente (²), se laisse abondamment absorber par le rhodium colloïdal, et son oxydation, par le peroxyde d'hydrogène, s'accomplit en ce cas très vite, de même qu'avec l'hydrogène. De cette façon, l'action retardatrice de l'oxyde de carbone est masquée par son oxydation rapide.

Cette explication est conforme à l'observation déjà faite, que l'oxyde de carbone absorbé par le platine est beaucoup plus actif que l'oxyde de carbone gazeux (³).

(¹) *Berichte*, t. 37, 1904, p. 799.
(²) ZENGHELIS, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 883.
(³) ZENGHELIS, *Zeits. für anal. Chem.*, t. 38, p. 47.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Impuretés du benzène extrait des chlorobenzènes industriels.* Note [1] de M. F. **Bourion**, présentée par M. A. Haller.

Certaines impuretés s'accumulent dans le benzène extrait des chlorobenzènes industriels au point que j'ai pu en saisir de densité inférieure à celle du benzène pur, bien que renfermant 2 pour 100 de chlorobenzène; ce sont ces impuretés qui apportent les troubles observés dans la méthode par enrichissement [2]. Je suis parvenu à les caractériser au moins d'une façon partielle.

En soumettant à la distillation fractionnée 1700g de l'un de ces benzènes, alourdi par 13 pour 100 de chlorobenzène, et de densité

$$d^4_{13,5} = 0,90953,$$

j'ai obtenu

Fractions...	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Poids en gr...	288	221	257	243,5	225	108	86	260
$d^4_{13,5}$.......	0,89580	0,89189	0,88746	0,88472	0,88265	0,88050	0,87884	1,05433

Les fractions de tête 1, 2, 3 sont plus denses que le benzène pur de densité $d^5_{13,5} = 0,8855$, tandis que les fractions de queue 5, 6, 7, et probablement 8 alourdies par le chlorobenzène, sont plus légères.

J'ai d'ailleurs constaté que les benzènes condensés à la suite des chloruneurs industriels donnent par distillation des fractions de même allure, mais où les impuretés sont un peu plus concentrées.

Il est au reste impossible de déceler par distillation la présence de ces impuretés dans le benzène vierge qui a servi à la chloruration. Il existe donc dans les benzènes extraits des chlorobenzènes industriels des impuretés plus volatiles que le benzène pur, en moyenne plus lourdes que cet hydrocarbure, et des impuretés moins volatiles et en moyenne plus légères que le benzène.

Dans le but d'extraire les impuretés les plus volatiles, j'ai soumis à la distillation fractionnée une centaine de litres de benzènes des deux origines, après m'être assuré que cette opération était plus avantageuse que la cristallisation fractionnée.

---

(1) Séance du 10 mai 1920.

(2) F. Bourion, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 990.

En fractionnant, en quatre parties égales, la fraction 1 précédente, la fraction de tête de densité voisine de 1 ainsi obtenue, soumise elle-même à la distillation, a donné le classement suivant :

Fractions	0.	1.	2.	3.	4.
Intervalle	45°-60°	60°-70°	70°-73°	73°-76°	76°-77°,25
$d^4_{13,5}$	1,165	1,134	1,074	1,018	0,970

Fractions	5.	6.	7.	8.
Intervalle	77°,25-78°,5	78°,5-79°,25	79°,25-80°	Résidu
$d^4_{13,5}$	0,930	0,900	0,890	0,882

Ainsi, après trois distillations, la densité a passé de 0,884 à 1,16 pour certaines fractions, et parallèlement à cet accroissement une odeur de chloroforme extrêmement nette apparaît. J'ai pu caractériser sa présence par la formation d'éthyl ou de phénylcarbylamine et par la décomposition en solution alcaline étendue avec dégagement d'oxyde de carbone (Desgrez).

Afin d'isoler le chloroforme qui bout vers 61°, j'ai rectifié les fractions 1, 2, 3, 4 précédentes et ai ainsi obtenu un intervalle 60°,5-61°,25 de densité 1,277.

Pour éliminer le benzène possible dans cette fraction, je l'ai soumise à la nitration; en étudiant cette opération, j'ai été conduit, pour réaliser une nitration complète de 160^g de benzène, à le traiter par un mélange sulfonitrique renfermant 192^g,6 d'acide nitrique à 74,36 pour 100 de NO^3H et 320^g d'acide sulfurique contenant 94,63 pour 100 de SO^4H^2 et en élevant graduellement la température de 40°-45° à 100°.

La fraction précédente, de densité 1,277, ainsi traitée, s'est montrée exempte de benzène.

Mais en nitrant les fractions 2 et 3 du troisième fractionnement, j'ai réalisé un intervalle

$$54°\text{-}64° \text{ de densité } d^4_{13,5} = 1,301$$

qui, rectifié, a fourni une fraction 60°,5-61°,25 de densité

$$d^4_{13,5} = 1,36,$$

la plus élevée que j'ai atteinte, un peu inférieure à celle (1,49) du chloroforme pur.

Il y a donc à côté du chloroforme une ou plusieurs impuretés légères, que j'ai recherchées en détruisant le chloroforme dans une fraction 60°-61°,25 de densité voisine de 1,13 par la soude ou la potasse aqueuse;

j'ai ainsi obtenu un liquide de densité 0,724 encore souillé par un peu de chloroforme, dont la plus grande partie distille à 70°,5-72°, et qui a donné à la combustion :

	Observé.	Calculé pour l'hexane.	Calculé pour le cyclohexane.
C pour 100.......	84,27	83,72	85,71
H »	15,73	16,28	14,29

D'après cela, il est raisonnable d'admettre que l'impureté légère qui accompagne le chloroforme est l'hexane normal de densité 0,67 et qui bout à 71°,6.

De même, en étudiant les fractions 5, 6, 7 et 8 du premier classement et en les soumettant alternativement à des distillations et à des nitrations, j'ai réalisé le classement suivant :

Fractions...	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Intervalles..	montée rapide de 70° à 83°	83°-87°	87°-91°	91°-97°,5	97°,5-101°	101°-102°,5
Poids en gr.	33	82,7	22,3	17,1	97,7	21,4
$d^{3}_{13.5}$.......	0,8460	0,8369	0,8130	0,7845	0,7483	0,7540

Résidu : 12,5.

L'examen de ce fractionnement montre qu'il y a une substance légère bouillant vers 97°-101°, car de part et d'autre les densités sont plus élevées.

Une nouvelle rectification a donné un intervalle 98°-99°,25 de densité $d^{4}_{13,5} = 0,7400$; son analyse par combustion a fourni :

	Observé.	Calculé pour l'heptane.	Calculé pour le méthylcyclohexane.
C pour 100.......	84,40	84,00	85,71
H »	15,44	16,00	14,29

Il est naturel d'admettre que l'impureté correspondante est l'heptane normal qui bout à 97°-97°,5 et dont la densité $d_{16} = 0,712$.

Je n'ai pu déceler, du moins en quantité appréciable, la présence d'une autre impureté en deçà et au delà de cet intervalle 98°-99°.

Je n'ai pu caractériser nettement l'origine du chloroforme dans ces benzènes; peut-être provient-il de la chloruration de carbures à chaîne arborescente plus fragiles. Quant à l'hexane et à l'heptane qui existaient, mais à une dose si faible que je n'ai pu les y saisir directement, dans les benzènes primitifs, ils se trouvent dans les benzènes après chloruration, grâce

à un enrichissement dû à leur inertie relative supérieure à celle du benzène.

Ce sont ces impuretés qui apportent les troubles observés pour le benzène dans la méthode par enrichissement; si le chloroforme domine, on a des nombres trop faibles; si ce sont les hydrocarbures, les teneurs sont trop élevées.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action prolongée de l'acide carbonique sur les silicates et le quartz.* Note [1] de M. C. **Matignon** et Mlle **Marchal**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans un Mémoire sur *les conditions de possibilité de certaines réactions formant des systèmes monovariants* [2], l'un de nous a indiqué des règles simples permettant, pour certains types de réaction, de reconnaître immédiatement, si la réaction est possible, quand on connaît l'énergie thermique qui lui correspond.

Par leur application, on arrive à la conclusion que l'acide carbonique doit chasser, à basse température, la silice de ses sels. On a, en effet, d'après M. Le Chatelier [3],

$$SiO^3Ca + CO^2 = CO^3Ca + SiO^2_{quartz} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 26^{Cal},8.$$

Si la silice au lieu d'être à l'état de quartz, se trouve à l'état de silice hydratée, le nombre précédent $26^{Cal},8$ se trouve encore augmenté de la chaleur d'hydratation. Une telle valeur ne laisse aucun doute sur la possibilité théorique de la réaction.

On sait d'ailleurs le rôle considérable attribué depuis longtemps à l'acide carbonique dans les phénomènes d'érosion.

Nous avons entrepris quelques essais pour nous rendre compte par expérience de l'action de l'acide carbonique sur certains silicates et vérifier en même temps la solubilité de la silice dans une solution carbonique.

Le 9 novembre 1909, on a introduit dans des siphons 2^g de sept substances différentes bien pulvérisées ainsi qu'une solution de gaz carbonique sous la pression de 10^{atm}.

Les siphons contenaient respectivement du quartz et les silicates sui-

(1) Séance du 10 mai 1920.

(2) C. Matignon, *Ann. de Chim. et Phys.*, 8e série, t. 14, 1908, p. 5 à 130.

(3) *Comptes rendus*, t. 120, 1895, p. 623.

vants : wollastonite SiO^3Ca, dioptase $SiO^3Cu.H^2O$, mica blanc, talc, amiante, verre.

Ces sept siphons, avec un huitième pris comme témoin, ont été abandonnés à eux-mêmes jusqu'en février dernier, soit pendant 10 ans et 3 mois. On a alors séparé la solution de l'insoluble, déterminé la silice dans cette solution et soumis les silicates à un examen microscopique approfondi. Le volume de la solution était voisin de 900^{cm^3}.

Voici les quantités de silice dosées dans les solutions carboniques, à leur sortie du siphon.

	g
Quartz	0,0118
Wollastonite	0,0870
Dioptase	0,0010
Mica	0,0372
Talc	0,0129
Amiante	0,0148
Verre	0,0116

Le siphon contenant la dioptase a perdu une partie de sa solution et toute sa pression dans les dernières années par suite d'une étanchéité insuffisante. Le siphon témoin a malheureusement été cassé.

M. Cayeux a bien voulu mettre à notre disposition, sa haute compétence en micrographie et examiner les substances soumises à cette longue attaque. Voici les résultats de cet examen.

Quartz. — Corrosion visible avec un fort grossissement et un éclairage très oblique, se traduisant par de minuscules cavités irrégulièrement distribuées qui ne troublent pas la limpidité des granules.

Wollastonite. — Tous les éléments sont piquetés de petits points dépolis correspondant à autant de petits points d'attaque.

Mica. — Corrosion apparente des plans de clivage.

Talc. — Corrosion très nette, irrégulière, visible avec un éclairage ordinaire.

Dioptase. — Attaque visible, moins marquée que dans le talc, mais plus apparente que dans le quartz.

Amiante. — Filaments très légèrement dépolis qui témoignent aux forts grossissements et en lumière oblique d'un commencement de corrosion. Attaque plus prononcée que dans le dioptase.

Verre. — Corrosion presque toujours insensible et jamais aussi marquée que dans le quartz.

Malgré la mise hors d'expérience du siphon témoin, qui eût permis de dégager des résultats précédents, la part possible due à l'intervention des

parois des récipients, il est possible, en tenant compte de l'examen microscopique, de tirer quelques conclusions :

1° Tous les silicates et le quartz lui-même ont été plus ou moins corrodés par l'attaque prolongée de la solution carbonique. Les quantités variables de silice passées en solution montrent que cette silice ne peut provenir uniquement des parois en verre des siphons. La surface des grains de verre, par exemple, représentait environ 10 fois la surface du siphon en contact avec la solution.

2° La wollastonite a été le minéral le plus attaqué, l'observation micrographique et l'analyse s'accordent sur ce point. Le carbonate de chaux résultant de la double décomposition était passé en solution sous forme de bicarbonate.

3° Le dioptase, dont l'attaque est manifeste, n'a donné qu'une très faible solution de silice; il semble que la silice préalablement dissoute se soit précipitée en grande partie en même temps que s'échappait le gaz carbonique.

4° Ces expériences paraissent bien confirmer la solubilité de la silice dans l'eau chargée d'acide carbonique. Toutefois ce point mérite un examen plus approfondi.

Nous nous proposons de préciser ces résultats préliminaires par des expériences effectuées à l'abri des causes d'erreur dues à la présence du verre et dans des conditions où la vitesse d'action considérablement augmentée permettra d'obtenir en quelques mois des résultats du même ordre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide cyanhydrique sur le glucose; réaction de Kiliani.* Note de MM. **J. Bougault** et **J. Perrier**, présentée par M. Émile Bourquelot.

Kiliani [1] a montré que l'acide cyanhydrique agissant sur le glucose donne directement le glucoheptonate d'ammonium; il formule ainsi l'équation de la réaction :

$$(I) \qquad C^6H^{12}O^6 + CNH + 2H^2O = C^6H^{13}O^6.CO^2NH^4.$$

Depuis, cette réaction a été utilisée fréquemment, notamment par Émil Fischer dans ses recherches sur la synthèse des sucres : elle constitue, en

[1] *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. 19, p. 768.

effet, le premier stade de la série des transformations qui conduisent d'un sucre réducteur au sucre supérieur ([1]).

Nous avons étudié les conditions expérimentales de la réaction de Kiliani et nous avons reconnu que l'alcalinité ou l'acidité y jouait un rôle capital.

En liqueur acide, même très légèrement, à un taux n'atteignant pas le centième de la normalité en acide chlorhydrique, la combinaison du glucose avec l'acide cyanhydrique n'a pas lieu. En liqueur neutre, la réaction paraît également nulle. Toutefois l'affirmation est ici impossible à cause de la difficulté d'arriver avec certitude à la condition de neutralité imposée. Nous avons, en effet, observé que l'alcalinité du verre suffisait à déclancher la réaction, qui se continue ensuite comme si l'alcali agissait comme catalyseur.

Le rôle du catalyseur resterait obscur si la réaction conduisait simplement au nitrile glucoheptonique; il s'éclaire, au contraire, si l'on admet que ce n'est pas l'acide cyanhydrique, mais le cyanure alcalin qui agit sur le glucose, suivant

$$\text{(II)} \qquad C^6H^{12}O^6 + CNK + 2H^2O = C^6H^{13}O^6.CO^2K + NH^3;$$

on voit qu'il y a mise en liberté d'une quantité d'ammoniaque équivalente à la quantité du cyanure engagé. Cette ammoniaque donne naissance à une nouvelle quantité de cyanure, qui se combine, suivant le même processus, à une nouvelle quantité de glucose, et ainsi de suite.

On s'explique ainsi le rôle de la petite quantité d'ammoniaque (quelques gouttes pour 50^g de glucose) fréquemment introduite par la plupart des auteurs (Kiliani; Em. Fischer, etc.) dans la préparation de l'acide glucoheptonique. On comprend également la pratique d'autres chimistes qui chauffent une petite portion du mélange (acide cyanhydrique et glucose) puis l'ajoutent au reste de la masse, provoquant par ce chauffage la dissolution d'une plus forte quantité d'alcali (enlevé au verre, ou ammoniaque provenant de l'altération de l'acide cyanhydrique) qui accélère la réaction.

Ainsi éclairés par cette étude préliminaire sur le processus possible de la

---

([1]) Étant donnée son importance, cette réaction est reproduite dans tous les Traités classiques de Chimie, mais d'une façon qui prête à confusion. Il y est dit, en effet, que l'acide cyanhydrique donne, avec le glucose, le nitrile glucoheptonique, et que ce nitrile, saponifié, conduit à l'acide-alcool correspondant. Or le nitrile en question n'a jamais été obtenu. On ne peut donc le faire intervenir que comme explication théorique de la réaction; et la vérité exige que sa formation et sa saponification hypothétiques ne soient pas présentées comme des faits constatés.

réaction, nous avons été amenés à étudier l'action des cyanures alcalins sur le glucose.

Nous avons immédiatement reconnu que la réaction paraissait se faire très régulièrement suivant l'équation (II), et il nous a paru intéressant d'en faire l'étude cinétique et de vérifier si nous nous trouvions en présence d'une réaction intégralement bimoléculaire.

Nous avons donc fait réagir le glucose et le cyanure de potassium en proportions équimoléculaires et à température constante, c'est-à-dire dans les conditions qui nous permettaient d'appliquer l'équation

$$k = \frac{1}{t}\,\frac{x}{\alpha(\alpha - x)}$$

qui, d'après Guldberg et Waage, régit les réactions de cette espèce. (Nous rappelons que k est la constante de vitesse, α la quantité de chaque substance mise en jeu, et x la quantité de chacune d'elles combinée au bout du temps t.)

La température choisie a été celle de la glace fondante, la plus facile à réaliser pour des expériences de longue durée. Le dosage du cyanure non combiné a été effectué par la méthode de Denigés, à l'azotate d'argent en milieu ammoniacal.

Dans une expérience, nous avons employé $2^g,455$ de glucose et la quantité équimoléculaire de cyanure de potassium dissous dans l'eau sous un volume total de 200^{cm^3}. En calculant k d'après les chiffres trouvés, voici ce que nous avons obtenu :

Durée de l'expérience.	Valeurs de k.
48 heures	412
72 »	400
96 »	395
120 »	395
144 »	394
192 »	401
216 »	409
240 »	417

Comme on le voit, la constance du facteur de vitesse s'est maintenue parfaite pendant les dix jours qu'a duré l'expérience. La réaction du cyanure sur le glucose s'affirme donc comme une réaction nettement bimoléculaire.

Dans les conditions de l'expérience ci-dessus, la réaction est fort lente; après 10 jours, il restait encore $0^g,1566$ de glucose non combiné. Mais il est

facile de prévoir, d'après la loi d'action de masse, les conditions qui nous permettront de combiner intégralement une quantité donnée, soit de glucose, soit de cyanure. Il suffira, pour cela, d'employer un excès suffisant de l'un des facteurs pour arriver à la combinaison totale de l'autre, dans un temps relativement court.

GÉOLOGIE. — *Les minerais de fer hettangiens de Bourgogne.* Note de M. L. Cayeux, présentée par M. H. Douvillé.

La formation des minerais de fer mésozoïques a fait ses débuts en France, à l'époque hettangienne, autour de l'éperon du Morvan. Elle a commencé, au Nord, dans la zone à *Psiloceras planorbe*, et s'est continuée, à l'Est, avec la zone à *Schlotheimia angulata*. Au premier niveau se rapportent les minerais de l'arrondissement de Semur, et, au second, ceux de la région de Nolay. L'exploitation des uns et des autres est aujourd'hui complètement abandonnée.

Du point de vue théorique ces minerais hettangiens présentent un intérêt exceptionnel. Les plus instructifs de tous constituaient le groupe de Thoste au nord du Morvan, dans l'arrondissement de Semur. Eux seuls retiendront notre attention dans la présente Note.

A Beauregard, hameau de Thoste, où se trouvait l'un des centres d'extraction, il existait une couche mesurant de $1^m,80$ à 2^m. Evrard, un des auteurs qui nous ont le mieux renseigné sur le gisement de Thoste, définissait le minerai de Beauregard « un minerai oolithique et calcaire, pétri d'une infinité de coquilles brisées et triturées par la vague... » (¹). En fait, c'est un minerai formé de très gros éléments, où l'on croit reconnaître des oolithes ferrugineuses, en nombre variable, toujours accompagnées d'innombrables fragments de coquilles. Sa composition moyenne accusait 35,60 pour 100 d'oxyde de fer et 30,25 pour 100 de chaux.

Au microscope, le minerai de Beauregard revêt une physionomie que ses caractères microscopiques ne font nullement pressentir.

Malgré son aspect détritique, il ne renferme pas un grain de quartz, et, en dépit de son apparence oolithique, les oolithes n'y comptent pas un seul représentant. Tous les éléments, sans exception, ont une origine organique.

(¹) A. Evrard, *Le plateau de Thoste et ses mines de fer* (*Revue des Mines*, 1867, p. 20).

Ce sont de nombreux restes de *Mollusques*, quelques débris de *Brachiopodes*, une infinité d'articles de *Crinoïdes*, quelques piquants d'*Oursins*, de très rares *Foraminifères*, auxquels il faut ajouter des traces d'*Algues* perforantes, en proportion très élevée.

Les préparations tirées de ce minerai sont de toute beauté, grâce à la prépondérance des restes de Crinoïdes, plus ou moins envahis par l'oxyde de fer. On peut dire que ce groupe forme à lui seul le fond du dépôt. La structure des articles change dans de trop larges limites pour que toute une série de familles et de genres ne soient pas représentés. Quant aux conditions de fossilisation, elles sont non moins diversifiées que la structure. Notons les plus instructives, en passant :

Dans le cas le plus général, le réseau cellulaire est en partie ou en totalité hématisé et tous les vides sont occupés par de la calcite largement cristallisée; les articles de cette catégorie sont d'une conservation idéale. L'inverse s'observe également, mais avec une moindre fréquence; c'est-à-dire que le réseau reste calcaire, alors que l'hématite se fixe dans les mailles. Moins souvent les deux modes de fossilisation s'associent dans un seul et même individu. Il arrive encore que des articles ne subissent aucune minéralisation, ce qui implique toujours un remplissage des cellules par de la calcite. Dans ces conditions, la microstructure perd beaucoup de sa netteté. Enfin, l'oxyde de fer se concentre à la fois dans l'épaisseur du réseau cellulaire et à l'intérieur des mailles, engendrant des amas ferrugineux d'importance variable, où la structure caractéristique des articles cesse d'être visible. Développée à l'extrême, cette manière d'être transforme les articles en globules ferrugineux, pleins, lesquels ne trahissent en rien leur origine première. Suivant la règle, la calcite du réseau et celle qui remplit les vides ont même orientation optique. Il n'est pas rare que cette orientation soit imposée à la calcite du ciment voisin.

Un dernier trait est à souligner, en ce qui touche les articles de Crinoïdes : tous, sans en excepter un seul, ont été roulés et usés, au point de réaliser une forme générale globuleuse. Ce sont ces articles minéralisés qui ont toujours été confondus avec des oolithes.

Il résulte de cette brève analyse que le minerai soi-disant oolithique, de Beauregard est tout simplement un *calcaire à entroques hématisé*.

Ce qui est vrai pour les Crinoïdes ne l'est pas moins pour les restes de Mollusques, les débris de Brachiopodes, etc. En sorte que *la totalité de l'oxyde de fer du minerai de Beauregard est un produit de substitution au carbonate de chaux*. Dès l'instant que le fer oxydé a pris la place d'orga-

nismes calcaires parfaitement reconnaissables, cette notion s'impose avec une rigueur absolue. A cet égard, le minerai en question fournit les matériaux les plus démonstratifs que j'aie jamais observés.

Les conclusions qui découlent de l'étude du minerai de Beauregard s'étendent à tous les minerais du plateau de Thoste. En ce qui concerne les minerais de la zone à *Schl. angulata*, situés à l'est du Morvan (minerais de Mazenay), ils se réclament d'une histoire quelque peu différente, en ce sens qu'ils sont à la fois oolithiques et encrinitiques. L'analyse des minerais de Lorraine nous permettra bientôt de rassembler et de mettre en œuvre tous les éléments de cette histoire.

GÉOLOGIE. — *Sur les alternatives des époques glaciaires et interglaciaires durant la période quaternaire.* Note de M. **Ph. Négris**, présentée par M. Pierre Termier.

Depuis que M. A. Penck a démontré que l'envahissement des Alpes par les glaces, au commencement de la période quaternaire, doit être attribué à une augmentation de la température moyenne annuelle, et non à une augmentation des précipitations atmosphériques, le phénomène de l'invasion glaciaire semble devoir s'expliquer définitivement par des phénomènes épirogéniques d'élévation, trahis d'ailleurs par le recul de la mer pliocène, qui baignait la partie méridionale des Alpes. A la même conclusion conduit le changement d'aspect que présente le paysage alpin actuel, comparé à l'aspect préglacial : aspect déchiqueté et juvénile aujourd'hui, aspect sénile avant l'invasion glaciaire.

La retraite définitive des glaces est au contraire consécutive à des mouvements épirogéniques d'affaissements, dont les plus importants ont eu lieu dans l'Océan Atlantique et ont provoqué l'établissement du Gulf-Stream, tandis que la mer envahissait l'Europe soit par le Nord, soit par le Sud : c'est ainsi qu'au Nord la mer Baltique submergeait le fleuve d'Alnarp de la Scanie qui charriait des morceaux d'ambre provenant, sans doute, de la Prusse orientale (*Anthropologie*, 1913, p. 354), tandis que la mer du Nord envahissait le Pas de Calais, et que la mer Adriatique, au Sud, faisait son apparition à une époque qui semble coïncider avec l'époque de Würm; du moins c'est ce que semblent prouver les moraines würmiennes de l'angle sud-est des Alpes, où, comme l'indique M. Penck (*Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 1155), elles atteignent les moraines rissiennes, au lieu de se tenir à distance,

comme c'est le cas général : le voisinage de la mer Adriatique, augmentant les précipitations, aurait accru dans cette partie des Alpes la puissance des glaciers würmiens, tandis qu'à l'époque de Riss, rien d'anormal ne se présentant, on doit en conclure que la mer Adriatique n'avait pas encore fait son apparition.

Ainsi édifiés sur les causes de l'invasion originelle et du recul définitif des glaces quaternaires, nous sommes conduits à admettre que les causes des alternatives des époques glaciaires et interglaciaires sont aussi dues à des alternatives de surrection et d'affaissement du sol, et ainsi on s'est justement demandé si le poids des glaces ne déprimerait pas l'écorce, et cela suffisamment pour amener une augmentation de température et la fusion des glaces, et si, à la suite de la fusion et de l'érosion considérable qui accompagne les phénomènes glaciaires, l'écorce allégée ne se soulèverait pas de nouveau, jusqu'à une hauteur où la température moyenne serait assez basse pour reproduire les glaces.

Tout cela bien entendu présuppose une mobilité du sol, qui, d'ailleurs, n'est pas incompatible avec la structure du globe, que l'on admet composé d'une mince écorce solide, reposant sur une masse liquide, et peut-être en certains endroits, où le pendule indique une diminution de la pesanteur, sur un matelas de gaz à haute pression. On sait, en effet, d'après MM. Lœwy et Puiseux (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 918), qu'une écorce pareille doit fléchir sous un poids comparable à celui des montagnes.

Dans cet ordre d'idées, on peut se demander quelle est l'amplitude de mouvement nécessaire de l'écorce pour passer d'un climat glaciaire à un climat interglaciaire et réciproquement. Si l'on admet, avec le Bureau des Longitudes (*Annuaire*, 1909, p. 146), que la température diminue de 1° par 180^{m} d'élévation, et, d'autre part, qu'il suffit de 3° à 4° pour passer d'un climat glaciaire à un climat interglaciaire, il faudra que la surrection de l'écorce pour passer de l'un à l'autre soit égale à 600^{m}-700^{m}. D'ailleurs, le poids de glace qui produirait l'effet inverse devrait être égal au poids de ces 600^{m}-700^{m} d'écorce; et, si nous admettons que les densités respectives de la glace d'une part, de la partie supérieure de l'écorce, d'autre part, soient environ dans le rapport de 1 à $2\frac{1}{2}$, l'épaisseur de glace correspondante à l'épaisseur d'écorce ci-dessus devrait être en moyenne $600 \times 2\frac{1}{2}$ ou $700 \times 2\frac{1}{2}$, c'est-à-dire 1500^{m} à 1700^{m}. Ces chiffres paraissent exagérés, bien que, d'après M. Ed. Brückner (*Die Alpen im Eiszeitalter*, p. 607), l'épaisseur des glaces ait atteint 2000^{m} dans la vallée du Rhône.

Mais je n'ai pas tenu compte de l'érosion qui intervient pour une part

importante dans les variations de la surface du sol, en diminuant l'amplitude du mouvement nécessaire, sur la même verticale, pour passer d'une température donnée à une température de 3° à 4° plus basse.

Je n'ai pas non plus tenu compte, dans ce qui précède, de la ténacité de l'écorce; car cette ténacité peut retarder les mouvements de l'écorce, mais ne peut les empêcher; et elle les a, en effet, ralentis. Ainsi s'explique, d'une part, la grande durée des périodes glaciaires et interglaciaires; d'autre part, c'est à la rupture de cette ténacité qu'il faut attribuer les dislocations que l'on observe dans les nappes des cailloutis fluvio-glaciaires. Les parties disloquées, d'ailleurs, sont généralement caractérisées par une pente vers l'extérieur du massif montagneux dont elles forment la bordure, ce qui provient, sans doute, de ce que la tendance finale au recul définitif des glaces est causée par l'affaissement général de l'Avant-Pays.

C'est encore à la rupture de la ténacité de l'écorce qu'il faut attribuer les phénomènes sonores (Luftpoff) que l'on perçoit encore aujourd'hui dans l'Avant-Pays alpin, entre l'Iller et la Lech (Penck, *Ibid.*, p. 54), et qui prouveraient que l'écorce continue à travailler.

Cette manière d'interpréter les phénomènes leur assigne un caractère local et explique les divergences qui se présentent d'une région à l'autre, soit quant au nombre, soit quant au synchronisme des alternances glaciaires. Ainsi s'explique encore le fait que les variations périodiques de climat ne se soient pas fait sentir en dehors des régions envahies.

GÉOLOGIE. — *Sur un gisement eifélien du synclinal de la Basse-Loire.*
Note de M. G. Ferronnière, présentée par M. Pierre Termier.

M. l'abbé Carpentier, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille, a découvert en 1918 un nouveau gisement fossilifère dans une des lentilles de calcaire dévonien situées à l'ouest de Chalonnes (Maine-et-Loire), faisant partie du bord sud du synclinal de la Basse-Loire, et a eu l'amabilité de m'en confier l'étude.

Cette lentille, confondue jusqu'ici avec les calcaires à *Uncites galloisi*, est enclavée dans le Gothlandien et permet d'observer le contact avec ce terrain, constitué en ce point par des schistes à nodules siliceux. Cette dernière roche, en petits fragments plus ou moins anguleux, se retrouve dans le calcaire qui la touche, sur une épaisseur d'environ 20^{cm}. Celui-ci est grisâtre, dur, rempli d'Orthocères avec des lits plus tendres rempli de Tentaculites.

L'ensemble est redressé au delà de la verticale, les schistes étant même renversés par-dessus le calcaire avec pendage vers le Nord-Nord-Est.

J'ai pu déterminer dans le calcaire les espèces suivantes : *Goldius furcifer* Corda sp., *G. canaliculatus* Goldf., *G. thyzanopeltis* Barrande sp., *Phacops Sternbergi* Corda sp., *Cheirurus Sternbergi* Bœck sp., *Cyphaspis Gaultieri* Rou., Coll. rev., *C. convexa* Corda sp., *C. hydrocephala* A. Rœm. sp., *Proetus vicinus* Barrande, *P. unguloïdes* Barrande, *Orthoceras* sp. (cf. *crassum* sens. Sandberger), *O.* cf. *gracile* d'Arch. et Vern., *O.* cf. *minusculum* Barrande, *O. pulchrum* Barrande, *O. analogum* Barrande, *O. pseudocalamiteum* Barrande, *O. calamiteum* Münst., *O.* cf. *loricatum* Barrande, *O. adornatum* Barrande, *O. subannulare* Münst., *O.* cf. *vertebratum* Sandb., *O.* cf. *renovatum* Barrande, *O.* cf. *barbarum* Barrande, *O. capillosum* Barrande, *O. commemorans* Barrande, *O.* cf. *bicingulatum* Sandb., *O.* cf. *apis* Barrande, *Jovellania Davyi* Barrois ? *J. triangularis* d'Archiac sp., *Gyroceras tenue Barrande, G. Fritschii* Barrande, *G.* sp. (cf. *modicum* Barrande) *G.* sp. (cf. *Goniatites lituus* Barrande, proparte fig. 6 et 7, pl. X), (*G. lituus* Barrande sp., nec fig. 6 et 7, pl. X), *G. ambigena* Barrande sp., *Agoniatites fecundus* Barrande sp., *A. Dannenbergi* Beyr. sp. ? *Hyolithes columnaris* Barrande sp., *H. hexagonus* Barrande, *H. arcuatus* Barrande, *H.* cf. *costulatus* Barrande, *H.* sp., *Tentaculites Geinitzianus* Richter, *T. acuarius* Richter, *T.* cf. *longulus* Barrande, *T. intermedius* Barrande, *Styliola lævis* Richt. sp., *Craspedostoma* sp., *Umbotropis albicans* Barrande sp., *Natiropsis* sp. ?, *Loxonema* sp. ?, *Macrochilina* sp., *Platyceras* sp., *Hercynella fastigiata* Barrande sp. ?, *Conocardium* cf. *ornatissimum* Barrande, *Lunulicardium tardum* Barrande, *Lunulicardium extensum* Barrande, *Kralovna* cf. *irregularis* Barrande, plusieurs formes à rapprocher des genres *Panenka*, *Sestra*, *Prælucina*, etc., *Strophomena interstrialis* Phill. sp., *Leptæna rhomboïdalis* Whal. ; des fragments de calices et de très nombreux fragments de tiges d'Encrines (parmi lesquels j'ai pu reconnaître *Poteriocrinus Verneuilli* Cailliaud), *Encystys flavus* Barrande sp., *Aulopora conforta* Barrande, *A. alternans* F.-A. Rœmer, *A. Serpens* Goldf. *in* Sandb., *Cladochonus perantiquus* Pocta, *Paterophyllum explanans* Pocta ?, *Orthophyllum bifidum* Pocta ?, *O. pingue* Pocta ?, etc.

Parmi les espèces nouvelles je citerai une coquille cylindrique à apparence de *Bactrites*, mais possédant deux lignes longitudinales à chacune desquelles correspond une ondulation très accentuée de l'ornementation transversale.

Cette faune est remarquable par les Céphalopodes et en particulier par la grande abondance des Orthocères, par l'abondance des Tentaculites et des Crinoïdes, la présence des grands Lamellibranches, des Auloprides, des Pétraïdes ; et, d'autre part, par la rareté, comme espèces et comme nombre d'individus, des Brachiopodes. Elle diffère profondément des autres faunes dévoniennes de la région avec lesquelles elle a fort peu d'espèces communes et présente de frappantes analogies avec les faunes de Bohême.

La liste des espèces ci-dessus mentionnées la rattache à l'Eifélien.

L'étude du gisement confirme pour cette localité l'absence, déjà remarquée, du Dévonien inférieur dans le synclinal de la Basse-Loire, la transgression se faisant ici au Dévonien moyen. Il semble donc qu'en ce point tout au moins un mouvement, qui se place entre le Gothlandien et le Dévonien moyen, ait précédé les plissements hercyniens.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'intensité du rayonnement nocturne aux altitudes élevées.* Note de M. **A. Boutaric**, présentée par M. J. Violle.

Nous avons montré (¹) que l'intensité r du rayonnement nocturne par temps clair pouvait être exprimée, en fonction de la température absolue θ_0 de la surface noire rayonnante et de la pression de la vapeur d'eau f_0 au voisinage de cette surface, par une relation de la forme

$$r = \pi\sigma\theta_0^4 \mathrm{F}(f_0), \tag{1}$$

$\pi\sigma$ désignant la constante du rayonnement intégral rapportée à l'ensemble des directions comprises au-dessus de la surface d'émission.

La formule (1) ne fait pas intervenir la pression atmosphérique au niveau du sol, en sorte que, d'après la théorie que nous avons développée pour l'établir, le rayonnement nocture doit être sensiblement le même aux altitudes élevées qu'au niveau de la mer lorsque la température et la pression de la vapeur d'eau ont des valeurs comparables aux deux stations.

C'est là une conséquence en désaccord avec les idées courantes et avec quelques observations effectuées autrefois par M. Ch. Martins sur le grand plateau du mont Blanc et au sommet du Faulhorn (²).

Nous avons fait, du 11 août au 24 août 1919, un séjour à l'Observatoire du pic du Midi (2859^{m}), afin de comparer les valeurs du rayonnement nocturne à cette altitude élevée avec celles que nous avions observées à Montpellier, sensiblement au niveau de la mer, en 1913 et 1914 et, pendant quelques mois, en 1915.

Pour des valeurs voisines de la température et de la pression de la vapeur d'eau, les rayonnements sont du même ordre de grandeur. C'est ce que nous

(¹) A. Boutaric, *Thèse*, Paris, 1918 (voir pages 139 et suivantes).

(²) Ch. Martins, *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. 58, 1860, p. 220.

avons vérifié : 1° par des comparaisons directes qui ne sauraient trouver place dans cette Note; 2° en représentant, en fonction de la pression de la vapeur d'eau f_0, le quotient $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$ du rayonnement observé au pic du Midi par l'émission du corps noir à la température absolue θ_0 de la surface rayonnante et nous assurant que la courbe moyenne déterminée par l'ensemble des points se confond avec celle que donnent les observations faites à Montpellier.

Nous avons indiqué dans le Tableau ci-dessous les valeurs : 1° du rayonnement r, de la température centigrade t_0, de la pression de la vapeur d'eau f_0, observées à l'heure h (voisine de 21^h), pendant des nuits sans nuage, au pic du Midi; 2° les quotients $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$; 3° les valeurs de la fonction $F(f_0)$ relative aux observations faites à Montpellier, pour la pression de vapeur f_0 correspondante (1). *Les valeurs* $F(f_0)$ *ainsi calculées sont voisines des valeurs* $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$ *observées : il n'y a entre elles aucun écart systématique.*

Tableau II.

Dates.	h.	t_0.	f_0.	r.	$\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$.	$F(f_0)$.
	h m	o C.	mm			
11 août 1919...	20.24	11,2	4,8	0,161	0,321	0,300
14 » ...	21.0	11,3	5,6	0,138	0,275	0,284
16 » ...	21.0	9,8	2,3	0,170	0,346	0,362
17 » ...	21.0	8,0	2,1	0,168	0,351	0,368
18 » ...	21.15	7,4	5,4 (2)	0,158	0,333	0,292
19 » ...	21.0	10,1	4,2	0,154	0,312	0,312
22 » ...	21.0	7,0	3,4 (3)	0,139	0,294	0,330
23 » ...	21.0	7,9	1,9 (4)	0,154	0,322	0,374
24 » ...	20,50	8,0	3,4	0,150	0,313	0,330

(1) Ces valeurs ont été obtenues par extrapolation de la courbe 36 (*Thèse*, p. 156) qui représente, à Montpellier, les valeurs de $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$ en fonction de f_0.

(2) f_0 passe de $5^{mm},4$ (21^h) à 3^{mm} (24^h), d'où une variation assez brusque qui a pu avoir son effet sur le rayonnement avant d'être constatée par l'hygromètre.

(3) f_0 prend les valeurs successives suivantes: $4^{mm},8$ (18^h); $3^{mm},4$ (21^h); $3^{mm},75$ (24^h); il se peut que la valeur plus faible constatée à 21^h tienne à des conditions accidentelles n'affectant que les couches d'air toutes proches du sol; d'où l'explication de l'écart assez considérable entre $\frac{r}{\pi\sigma\theta_0^4}$ et $F(f_0)$.

(4) f_0 prend les valeurs successives suivantes : $3^{mm},3$ (18^h); $1^{mm},9$ (21^h); $2^{mm},1$ (24^h). Même remarque que précédemment.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un anémomètre à oscillations électriques.* Note de M. E. ROTHÉ, présentée par M. E. Bouty.

Par ciel couvert ou par temps de brume, ou encore quand les nuages sont bas et nombreux, la détermination de la vitesse du vent par ballon-pilote est impossible.

Pour remédier à l'absence de renseignements, on pourrait élever, au moyen d'un ballon captif ou d'un cerf-volant, un anémomètre-moulinet à contacts électriques, qui transmettrait directement les indications au sol. Par exemple, un circuit électrique serait fermé par l'anémomètre tous les dix mètres de vent et la fermeture serait accusée au sol soit par inscription, soit encore par audition au téléphone. Mais cette méthode simple exigerait l'emploi de deux fils ou, tout au moins, d'un fil supplémentaire ajouté au câble métallique de l'aérostat, dont le *plafond* serait ainsi notablement diminué par le poids du fil; de plus, la manœuvre serait rendue plus difficile par crainte d'enchevêtrement et de rupture des câbles. On aurait pu songer aussi à utiliser un câble de retenue à âme métallique analogue à ceux qui servirent aux ballons d'observation : la construction d'un tel câble à âme de cuivre bien isolée est à peu près irréalisable pour les faibles diamètres de l'ordre de 2^{mm} nécessaires aux petits ballons destinés aux grandes altitudes; les courts circuits y seraient trop fréquents.

Ces divers inconvénients m'ont conduit à imaginer une méthode de transmission permettant de n'utiliser *qu'un seul fil conducteur*, le câble métallique de retenue du ballon. Le principe de cette méthode consiste à se servir du moulinet de l'anémomètre comme d'un interrupteur qui, à chaque contact, met en action un petit émetteur d'oscillations électriques. Cet émetteur est constitué par un vibrateur, shunté par une résistance sans self et dans le circuit duquel on intercale une self S avec un condensateur C en dérivation. Quand le contact de l'anémomètre se produit, le vibrateur fonctionne et, à chacune des interruptions de la lame vibrante, le condensateur se charge et se décharge et le circuit CS est parcouru par des oscillations électriques. Si l'on met un point de ce circuit oscillant en relation avec le câble du ballon, à chaque vibration, celui-ci est parcouru par un train d'ondes.

Au sol, la base du câble est reliée au primaire d'une boîte de réception de T. S. F. Ce primaire est ainsi placé en dérivation sur le treuil qui, lui-

même, est relié au sol par l'intermédiaire d'une self à fer. On accorde le récepteur sur la longueur d'onde de l'anémomètre émetteur défini par la self S et la capacité C. Chaque train d'onde est accusé par la membrane téléphonique qui, pendant les contacts de l'anémomètre, vibre ainsi à l'unisson du vibrateur. En résumé, pendant que le vibrateur fonctionne, le récepteur permet d'entendre un son dont la hauteur est la même que celle du vibrateur. C'est le moulinet de l'anémomètre qui, dans sa rotation, ferme et ouvre le circuit du vibrateur et met celui-ci en action; si le vent produit par minute n contacts de 10^{m} du moulinet n fois par minute, celui-ci fera fonctionner le vibrateur pendant un temps de l'ordre d'une fraction de seconde; on entendra donc n fois par minute le son musical fourni par le trembleur, et la vitesse du vent sera $\frac{10n}{60} = \frac{n}{6}$.

L'anémomètre est fixé à une girouette en aluminium. L'ensemble, dont le premier modèle a été établi par la Direction des Inventions, a été étudié de manière à réaliser le maximum de légèreté. Un support spécial permet à la girouette de s'orienter librement autour du câble sur lequel on fixe seulement une pièce qui sert de tourillon. La girouette oscille également autour d'un axe horizontal. Le vibrateur et la pile sèche qui l'alimente sont contenus à l'intérieur d'une petite carlingue qui forme corps avec les ailes de la girouette. La self et le condensateur sont à l'arrière et servent de contrepoids pour contre-balancer l'action du vent sur le moulinet.

Cette méthode permet de recevoir simultanément au sol les indications de plusieurs instruments disposés à des hauteurs variées le long du câble. En effet, on peut d'abord faire rendre aux vibrateurs un son musical différent afin de distinguer à l'oreille les indications de chaque instrument. Mais on dispose encore d'un meilleur procédé de sélection; en variant la capacité C de chacun des circuits, on dispose de longueurs d'onde différentes (400^{m}, 700^{m}, 1000^{m}, etc.), et l'on sélectionne en accordant le récepteur au sol, comme on règle les émissions de T. S. F. Bien qu'une réception sur galène soit suffisante, on peut se proposer d'amplifier quand l'emploi de ballons en tandem permet d'atteindre des hauteurs supérieures à 3000^{m}.

Ce procédé de transmission est très général; il s'applique, avec des variantes, à la mesure de tous les éléments météorologiques et la possibilité d'avoir simultanément sur le câble plusieurs émetteurs conduit à réaliser à grande hauteur un véritable observatoire donnant, par un seul fil, d'une façon instantanée et continue, des indications au sol par tous les temps.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'exosmose des principes acides et sucrés de l'orange.* Note de M. G. **André**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans les deux Notes que j'ai publiées récemment ([1]), j'ai étudié les phénomènes relatifs à l'inversion du saccharose chez la pulpe de l'orange soumise à l'action d'un antiseptique. En vue d'un examen plus approfondi des particularités que présente dans le fruit la distribution des principes acides et sucrés, je me suis proposé de déterminer avec quelle vitesse ces deux constituants sont capables de diffuser hors des cellules lorsqu'on immerge les quartiers intacts d'une orange au sein d'une certaine quantité d'eau distillée. Parmi les nombreuses expériences que j'ai effectuées à ce sujet je rapporterai les deux suivantes :

I. Deux oranges ont été décortiquées et séparées en leurs quartiers. Un premier lot, composé avec des quartiers provenant à la fois des deux fruits (pesant $84^g,5$ dans la première expérience et $96^g,1$ dans la seconde), a été examiné de suite : on y a dosé l'acide citrique, les sucres réducteurs et non réducteurs. Le second lot (pesant $85^g,9$ dans la première expérience et $88^g,5$ dans la seconde) a été introduit dans un flacon avec 200^{cm^3} d'eau distillée à laquelle on a ajouté quelques gouttes de toluène. Dans ce liquide, décanté à intervalles fixes, on a procédé aux mêmes dosages; puis on a remplacé chaque fois ce liquide par de l'eau pure. Les résultats ci-joints sont rapportés à 100^g de matière fraîche.

Il résulte de l'inspection de ces deux Tableaux que, si l'on compare les données fournies par les oranges à l'état initial (1er lot) avec celles des produits successifs de la diffusion dans l'eau distillée des principes solubles du suc (2e lot), on trouve une constance assez remarquable du *rapport entre l'acide citrique et la somme des matières sucrées*. Ces deux sortes de principes paraissent donc abandonner les cellules de la pulpe dans les mêmes proportions : comme si, mélangés plus ou moins intimement, ils possédaient, au moins en présence d'un antiseptique, une même vitesse de diffusion hors des cellules.

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 126 et 292.

	Acide citrique.	Sucres réducteurs.	Sucres non réducteurs.	I [1].	II [2].
Première expérience.					
Premier lot, *état initial*	1,405 g	3,159 g	2,598 g	0,24	0,82
Deuxième lot, I, après 7 jours...	0,403	0,982	0,724	0,23	0,73
» II, » 14 » ...	0,300	0,698	0,475	0,25	0,68
» III, » 21 » ...	0,212	0,501	0,379	0,24	0,75
» IV, » 28 » ...	0,160	0,411	0,279	0,23	0,67
» V, » 35 » ...	0,111	0,261	0,165	0,26	0,63
» VI, » 42 » ...	0,083	0,209	0,126	0,24	0,60
» VII, » 49 » ...	0,070	0,167	0,106	0,25	0,63
» VIII, » 56 » ...	0,047	0,116	0,077	0,24	0,66
Pulpe à l'état final	0,154	0,349	0,303	0,23	0,86
Total	1,540	3,694	2,634	0,24	0,71
Deuxième expérience.					
Premier lot, *état initial*	1,848	3,038	2,678	0,32	0,88
Deuxième lot, I, après 5 jours...	0,705	0,715	0,501	0,58	0,70
» II, » 10 » ...	0,282	0,542	0,349	0,31	0,64
» III, » 15 » ...	0,277	0,403	0,264	0,41	0,65
» IV, » 20 » ...	0,179	0,333	0,246	0,30	0,73
» V, » 25 » ...	0,112	0,223	0,151	0,29	0,67
» VI, » 30 » ...	0,116	0,220	0,146	0,31	0,66
» VII, » 35 » ...	0,090	0,159	0,113	0,33	0,71
» VIII, » 40 » ...	0,064	0,118	0,077	0,32	0,65
» IX, » 45 » ...	0,055	0,096	0,078	0,31	0,81
Pulpe à l'état final	0,314	0,572	0,456	0,30	0,79
Total	2,194	3,381	2,381	0,38	0,70

II. Le rapport $\frac{\text{saccharose}}{\text{sucres réducteurs}}$ présente également un certain degré de constance. En outre, il s'est produit pendant l'exosmose une notable inversion du saccharose, moins marquée cependant que celle que j'avais observée dans le cas des quartiers d'orange intacts maintenus pendant 4 mois en présence d'un antiseptique. Si, en effet, on prend la moyenne du précédent rapport chez les diffusions successives, I à VIII, de la première expérience, on trouve 0,67. Or ce rapport, chez l'orange à l'état initial, est égal à 0,82.

(1) I. $\frac{\text{Acide}}{\text{Somme des sucres}}$. — (2) II. $\frac{\text{Saccharose}}{\text{Sucres réducteurs}}$.

Il en résulte que 18,3 pour 100 du saccharose initial ont été invertis. De même, la moyenne des rapports des diffusions successives, I à IX, de la seconde expérience est égal à 0,69; tandis que le même rapport, chez l'orange à l'état initial, est égal à 0,88 : donc 21,6 pour 100 du saccharose initial, chiffre voisin du précédent, ont été invertis pendant la diffusion. D'ailleurs, si l'on opère, *in vitro*, avec des liqueurs contenant de l'acide citrique et du saccharose sous des degrés de dilution comparables à ceux que l'on observe dans quelques-uns des stades de la diffusion, on trouve des résultats analogues à ceux qui viennent d'être signalés. La vitesse de l'hydrolyse décroît, pour une même durée de contact, quand la dilution augmente; elle croît avec cette durée pour une même dilution. Les liqueurs suivantes renfermaient, dans 100^{cm^3} d'eau : I. acide citrique, $0^g,168$; saccharose, $0^g,299$; — II. acide, $0^g,119$; saccharose, $0^g,190$; — III. acide, $0^g,094$; saccharose, $0^g,168$; — IV, acide, $0^g,069$; saccharose, $0^g,118$. :

Durée de l'expérience.	Sucre de canne disparu (en grammes).				Sucre de canne disparu pour 100 du sucre contenu dans la liqueur initiale.			
	I.	II.	III.	IV.	I.	II.	III.	IV.
6 jours.....	0,062	0,032	0,026	0,017	20,73	16,84	15,47	14,40
13 jours.....	0,107	0,047		0,027	35,78	24,73		22,88

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Dans la tige des Graminées, certains faisceaux libéroligneux longitudinaux peuvent être des faisceaux gemmaires.* Note de M. P. **Bugnon**, présentée par M. Guignard.

L'appareil conducteur de la tige des Graminées offre à considérer deux catégories de faisceaux libéroligneux au point de vue de leur course : des faisceaux longitudinaux et des faisceaux transverses, ces derniers existant seulement aux nœuds.

Les faisceaux longitudinaux ne sont, en définitive, que le prolongement vers le bas des faisceaux foliaires; ce sont, autrement dit, des faisceaux *de trace foliaire*. Les faisceaux transverses, comme je l'ai rappelé dans une Note antérieure [1], ont été diversement interprétés, et j'ai pu montrer, en particulier, comment certains faisceaux de trace foliaire, longitudinaux pendant une partie de leur parcours dans le chaume, pouvaient brusquement s'infléchir et devenir transverses au niveau d'un nœud.

[1] P. Bugnon, *Origine des faisceaux libéroligneux transverses formant un lacis aux nœuds des Graminées* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 671).

L'on s'accordait toutefois, jusqu'ici, à regarder comme localisés aux nœuds, avec un parcours uniquement transverse, les faisceaux *gemmaires*, c'est-à-dire les faisceaux de trace foliaire qui pénètrent d'un bourgeon dans la tige sur laquelle il s'insère. L'expression de cette opinion unanime peut être trouvée, par exemple, dans le *Traité de botanique* de Van Tieghem (2e édition, 1891, p. 764) : « Dans les Graminées, les nombreux faisceaux émanés de la branche s'enfoncent horizontalement au nœud à travers le cylindre central en passant entre les faisceaux verticaux de la tige, auxquels ils s'unissent çà et là ».

L'objet de cette Note est de montrer que des faisceaux gemmaires peuvent présenter une course longitudinale comparable à celle des faisceaux de trace foliaire propres à la tige support.

Le cas suivant, qui me servira ici d'exemple, m'a été fourni par le *Poa annua* L. Les figures 1, 2, 3, 4 représentent des coupes transversales pratiquées dans la région inférieure de l'inflorescence; elles ont été choisies dans une série de coupes de 10$^\mu$ d'épaisseur, obtenues au microtome après inclusion dans la paraffine.

La figure 1 correspond à une coupe passant au-dessus du nœud des deux branches A et B, ayant chacune un faisceau (a, b); l'axe principal, au

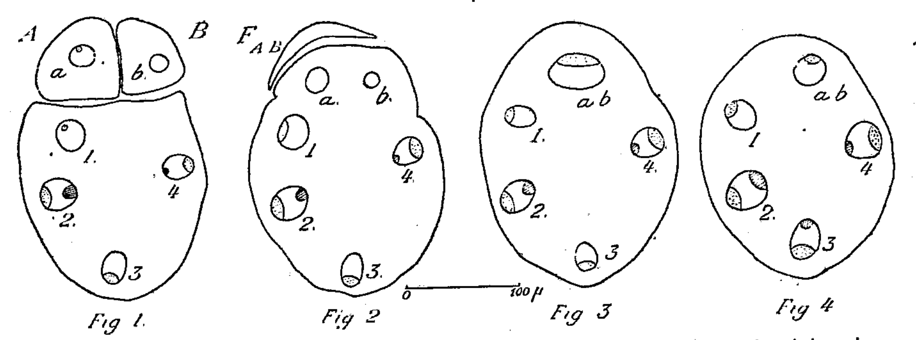


Fig. 1, 2, 3, 4. — Coupes transversales de tige de *Poa annua* L., passant dans la région du nœud de base de l'inflorescence. Gr. : $\frac{300}{2}$. Dessins exécutés à la chambre claire. Le bois des faisceaux libéroligneux est figuré par des hachures; le liber, par du pointillé.

même niveau, présente quatre faisceaux, que je numéroterai 1, 2, 3, 4, ces nombres ne préjugeant en aucune façon de l'importance ni de l'origine des faisceaux qu'ils servent à désigner.

La figure 2 représente une coupe, séparée de la précédente par l'épaisseur d'une autre, et coïncidant avec le nœud d'insertion des deux branches. Les faisceaux a et b y restent distincts. On aperçoit, d'autre part, l'indication

de la feuille axillante de ces branches, F_{AB}, réduite à une courte écaille sans faisceaux.

La coupe qui suit immédiatement celle de la figure 2, et dont la figure 3 donne le détail, correspond au nœud de la feuille F_{AB}; les deux faisceaux *a* et *b* se sont fusionnés en un seul, le faisceau anastomotique *ab*.

L'étude des coupes qui viennent ensuite, et qui intéressent l'entre-nœud immédiatement inférieur, permet de constater la persistance du faisceau gemmaire *ab*; son parcours est ainsi parfaitement longitudinal, au moins dans l'entre-nœud situé au-dessous du niveau où il a pénétré dans la tige. La figure 4 représente une coupe de cet entre-nœud, prise à 30^{μ} au-dessous du nœud.

En conséquence, dans la tige des Graminées, les faisceaux libéroligneux longitudinaux, comme les faisceaux transverses, peuvent appartenir soit à la catégorie des faisceaux de trace foliaire, soit à celle des faisceaux gemmaires.

PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *De la variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation pour la vision périphérique* (Loi des cônes et loi des bâtonnets). Note de M. **Henri Piéron**, présentée par M. Charles Richet.

Dans une Note précédente (¹), j'ai montré que l'énergie lumineuse (produit, par le temps, de l'intensité évaluée en multiples du seuil de base pris pour unité) correspondant au seuil de la sensation, variait en fonction de la durée d'excitation rétinienne, pour le centre de la *fovea*, suivant une loi complexe : aux temps relativement longs, le seuil ne changeant pas, l'énergie décroît comme la durée d'excitation, c'est-à-dire, si l'on inscrit les durées en abscisse et les énergies en ordonnée, suivant une droite rejoignant l'origine, celà, jusqu'à une durée (un peu supérieure à 3 secondes) qui représente la limite de sommation temporelle; à partir de ce point, et la sommation s'effectuant, le seuil s'élève, mais l'énergie décroît suivant un arc de cercle de grand rayon, dont la corde est représentée par la loi approchée de Blondel et Rey ($it = a + bt$), jusqu'à une certaine durée, pour laquelle l'énergie est minima; aux temps plus courts, l'énergie croît au contraire, au fur et à mesure de la décroissance de la durée d'excitation (voir la figure publiée dans la Note précédente).

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 525.

La loi de variation, pour la *fovea*, s'est montrée sensiblement identique dans l'adaptation à la lumière et dans l'adaptation à l'obscurité (lumière blanche). Mais, en agissant sur le centre de la *fovea*, on sait ne mettre en jeu que les cônes, puisque ces éléments récepteurs existent seuls dans la région rétinienne excitée. J'ai donc procédé à de nouvelles expériences pour atteindre isolément les cônes et les bâtonnets.

J'ai refait, suivant la même technique, les déterminations de seuil pour diverses durées d'excitation, en utilisant une surface lumineuse située, dans un grand cercle du champ faisant avec l'horizontale un angle de 30°, à 20° du centre de la *fovea*, sur l'arc supérieur, soit du côté nasal, soit du côté temporal (quadrant rétinien inféro-externe ou inféro-interne). La surface lumineuse (cercle de 2^{mm} de diamètre, à 105^{cm} de distance de la surface antérieure de l'œil) couvrait sur la rétine un cercle d'environ 27^{μ} de diamètre.

Étant donné que la sensibilité des bâtonnets (pourpre) s'étend largement vers les radiations de courte longueur d'onde, avec maximum du côté du bleu, et ne s'étend pas jusqu'au rouge extrême, tandis que celle des cônes s'étend peu au contraire du côté des courtes longueurs d'onde, et, avec maximum vers le jaune orangé, atteint le rouge extrême, j'ai utilisé, tantôt des radiations bleues, grâce à une filtration par l'écran bleu 4 de Monpillard, tantôt des radiations rouges, grâce à une filtration par les deux écrans rouge pourpré et rouge 3 de Monpillard ([1]).

Dans ces conditions, j'ai pu établir la courbe de variation de l'énergie liminaire, pour les bâtonnets d'une part, seuls excités par la lumière bleue dans les conditions d'expérience, et pour les cônes périphériques de l'autre, seuls excités par la lumière rouge.

Voici les résultats obtenus, entre la durée d'excitation correspondant à la limite de sommation (à partir de laquelle le seuil de base est atteint), et la durée la plus courte pour laquelle les déterminations ont pu être faites :

([1]) Avec les deux écrans rouges, toutes les radiations visibles supérieures à $650^{\mu\mu}$ traversent, mais diminuées du côté de cette limite, les radiations dominantes étant dans le rouge extrême, et aucune autre radiation visible ne passe. Avec l'écran bleu, les radiations visibles qui traversent débutent vers $500^{\mu\mu}$, et s'étendent largement dans le violet, au delà de $420^{\mu\mu}$; en outre, il passe une faible partie des radiations rouges extrêmes, mais en quantité telle que, dans les conditions d'expérience, elle reste très au-dessous du seuil et n'intervient donc pas.

Lumière rouge.		*Lumière bleue.*	
Durée d'excitation (σ).	Énergie liminaire.	Durée d'excitation (σ).	Énergie liminaire.
3600	3600	800	800
3200	3264	600	718
2400	3024	400	585
1600	2480	320	512
800	1384	240	437
531	1062	210	383
400	976	160	344
177	681	140	278
118	693	75	231
62,4	383	38,5	146
31,2	369	31,2	137
20,8	527	21	134
10,4	586	10,5	116
5,2	674	5,25	111
		3	109
		2	101
		1,5	115
		1	127
		0,5	179

La courbe de variation de l'énergie liminaire en fonction de la durée d'excitation, avec la lumière rouge, est superposable à celle qui a été obtenue, avec la lumière blanche, en vision fovéale. C'est la courbe caractéristique de l'excitation des cônes rétiniens, centraux ou périphériques, avec limite de sommation un peu supérieure à 3 secondes, et minimum d'énergie aux environs de $0^{sec},030$. La valeur de ce minimum est seulement un peu plus élevée, par rapport au seuil de base, pour les cônes périphériques que pour les cônes fovéaux (370 au lieu de 260 environ).

Pour la lumière bleue, l'allure générale de la courbe de variation est bien encore la même; c'est la même loi générale qui s'applique donc aux bâtonnets et aux cônes, mais avec des constantes de temps bien différentes: La limite de sommation, pour les bâtonnets, se place aux environs de $0^{sec},800$, soit une durée 4 fois plus courte que dans l'excitation des cônes; le minimum d'énergie, d'autre part, correspond à une durée d'excitation 10 fois plus brève, environ ($0^{sec},002$ à $0^{sec},003$); enfin le minimum d'énergie, par rapport au seuil de base, est notablement plus bas, 3 à 4 fois moindre, ce qui indique que les bâtonnets, après adaptation à l'obscurité, ont une sensibilité supérieure à celle des cônes, d'autant plus que la durée d'exposition est plus brève.

Si nous évaluons les intensités d'après l'ouverture de l'œil de chat du photoptomètre, et faisons égale à 1 l'ouverture correspondant au seuil de l'excitation bleue pour chaque durée d'excitation, les intensités correspondant au seuil de l'excitation rouge atteignent les valeurs suivantes :

Durée (σ)........	800	400	177	31	5,2
Intensité liminaire.	90	86,7	103	140	315

Cela implique que le processus périphérique d'excitation par la lumière est notablement plus rapide pour l'excitation des bâtonnets que pour celle des cônes : la différence des intensités liminaires est plus de 3 fois plus grande à $0^{sec},005$ qu'à $0^{sec},800$.

PHYSIOLOGIE. — *Réflexes provoqués par l'irritation des premières voies respiratoires. Action sur les échanges généraux de l'organisme.* Note [1] de MM. **André Mayer**, **H. Magne** et **L. Plantefol**, présentée par M. Henneguy.

Lorsque les gaz irritants pénètrent dans les premières voies respiratoires, ils provoquent une série d'effets réflexes.

Pour les étudier, il faut les isoler de l'ensemble des réactions respiratoires et, pour cela, faire porter l'action de la vapeur irritante sur les premières voies seulement. Nous avons, pour y parvenir, employé des dispositifs qui permettent de faire respirer à l'animal de l'oxygène pur, tout en faisant circuler dans ses premières voies respiratoires isolées un mélange exactement titré d'air et de gaz nocif; un artifice permettait de faire commander l'aspiration du mélange par les mouvements respiratoires de l'animal lui-même qui, tout en respirant de l'oxygène par les poumons, faisait circuler dans ses premières voies une quantité de mélange nocif exactement égale à celle de cet oxygène inhalé par lui.

Les gaz irritants agissent tout d'abord sur la muqueuse nasale et leur premier effet est de déterminer un réflexe déjà signalé et étudié par François-Franck et par Marchena : c'est un arrêt respiratoire dû à la cessation des mouvements externes et internes de la respiration, un ralentissement du cœur dont les battements deviennent très rares, et une vasoconstriction générale mais particulièrement splanchnique. On peut s'assurer de ces faits, comme l'ont fait les auteurs précédents, en enregis-

[1] Séance du 3 mai 1920.

trant les mouvements respiratoires et circulatoires par la méthode graphique. On peut aussi les mettre en évidence par des méthodes différentes. Par exemple, si l'on mesure la ventilation, ou quantité d'air débité par les poumons, au moyen de dispositifs Chauveau-Tissot, on voit que chez le lapin, dont on irrite les premières voies, la ventilation peut tomber de $2^{l},893$ en 5 minutes à $0^{l},241$, de $3^{l},600$ à $0^{l},590$, de $3^{l},886$ à $0^{l},301$. En même temps, si l'on mesure la durée d'une révolution circulatoire par la méthode de Stewart, on voit qu'elle passe de $2''\frac{3}{5}$ à $18''$; de $2''\frac{1}{5}$ à $20''$, etc.

Ce phénomène d'arrêt respiratoire et circulatoire ne se produit plus si l'on cocaïnise les premières voies ou si l'on coupe les nerfs trijumeaux avant le passage du gaz nocif. Il s'agit donc de réflexes dont le point de départ est dans l'irritation des terminaisons de ces nerfs. Les phénomènes se produisent encore sur l'animal anesthésié par le chloralose.

Les différentes espèces animales ont une sensibilité des premières voies et, partant, une aptitude à présenter les réflexes d'arrêt extrêmement inégale. Nous nous sommes assurés, par des mesures précises, que le lapin et le cheval sont parmi les animaux les plus sensibles, le chien parmi les moins sensibles.

Lorsqu'on choisit un animal sensible et qu'on dispose d'un gaz particulièrement irritant, l'excitation peut être telle que l'arrêt respiratoire est définitif. Le cœur continue à battre, mais malgré la respiration artificielle aussitôt pratiquée et continuée longtemps (15-20 minutes), nous n'avons jamais vu reparaître les mouvements respiratoires spontanés. *La mort survient par syncope respiratoire irrémédiable.* Il est donc des circonstances où l'irritation des terminaisons nasales du trijumeau peut déterminer la mort. Si la dose de gaz nocif n'est pas massive, son action peut être prolongée pendant un temps très long (une demi-heure, par exemple). Pendant tout ce temps, les réflexes qu'il provoque peuvent persister.

Ces phénomènes respiratoires et circulatoires ne sont pas les plus remarquables de ceux que détermine l'irritation des premières voies.

Le phénomène le plus important est le suivant :

Pendant tout le temps qu'on irrite les premières voies, l'oxygène consommé par l'animal et l'acide carbonique produit par lui diminuent dans des proportions considérables.

Voici des exemples de ce phénomène observé sur le lapin :

TABLEAU I.

Minute.	Ventilation en 5' (lit. à 0°,760).	O^2 consommé (cm^3).	CO^2 produit (cm^3).
0	3,886	93	89
7	0,301	7	7
15	0,245	7	6
32	0,236	13	12
39	1,790	78	89
47	2,120	67	76

Passage de gaz irritant (Cl) dans les premières voies de la minute 5 à la minute 35.

TABLEAU II.

Minute.	Ventilation en 5' (lit. à 0°,760).	O^2 consommé (cm^3).	CO^2 produit (cm^3).
0	2,947	118	87
7	2,832	123	96
14	1,382	62	48
19	1,584	66	67
30	1,382	66	71
37	2,799	106	120

Passage de gaz irritant (Cl) dans les premières voies de la minute 12 à la minute 35.

Ainsi l'irritation des terminaisons du trijumeau peut abaisser, pendant une demi-heure, les échanges gazeux à une petite fraction de leur valeur normale. Ce phénomène est à rapprocher de celui qu'a observé M. Charles Richet sur les oiseaux plongeurs, mais il est ici beaucoup plus marqué. Il n'est pas sous la dépendance du ralentissement circulatoire : si l'on coupe les vagues, l'irritation ne produit plus le ralentissement du cœur, mais la diminution des échanges persiste. Il s'agit bien d'une diminution réelle des échanges généraux et non des échanges respiratoires seuls.

En effet, l'analyse du sang montre que, pendant tout le temps que dure l'action réflexe, la quantité d'oxygène contenue dans le sang ne diminue que très peu et que la quantité d'acide carbonique du sang ne s'accroît pas.

Voici un exemple de ce fait observé chez le lapin :

Temps en minutes.	Gaz du sang. O^2 à 0° (cm³ p. 100).	CO^2 à 0° (cm³ p. 100).	Ventilation (litres).
1............	16,2	23,2	1,600
4............	début du passage de gaz irritant dans les premières voies		
8............	15,2	25,2	0,460
12............	14,0	20,1	0,575
17............	14,3	29,2	0,650
20............		fin du passage	
23............	12,8	24,2	0,950
33............	11,3	24,9	0,900
63............	13,0	29,3	1,025

L'irritation des terminaisons du trijumeau, chez certains mammifères sensibles, a donc pour effet de provoquer, pendant plus d'une demi-heure, une diminution réflexe des échanges généraux de l'organisme, qui peut les abaisser à une valeur très faible par rapport à la normale.

PHYSIOLOGIE. — *Équilibre azoté et carence de vitamines.* Note de MM. **A. Desgrez** et **H. Bierry**, présentée par M. d'Arsonval.

L'organisme, pour son entretien, réclame une quantité déterminée d'énergie et exige, en outre, certaines espèces chimiques. Si l'apport alimentaire satisfait à ces deux ordres de besoins, quantitatifs et qualitatifs, s'il suffit à couvrir la dépense de l'organisme et à le maintenir à son état initial, il constitue la *ration d'équilibre*. Déterminer cette ration revient ainsi à fixer l'ensemble des besoins auxquels elle correspond ; mais comme la notion du besoin est liée à celle d'équilibre, la définition que l'on donne de celui-ci détermine le sens qu'il convient d'attribuer à celui-là. En général, on se borne à constater, chez l'adulte, l'invariabilité du poids et de la composition chimique, du moins en ce qui concerne l'azote, pris comme critérium. Bien que très légitime, cette méthode n'a pas une valeur absolue, car, sans aucun doute, l'équilibre azoté réalise une condition fondamentale, mais une condition seulement de l'équilibre total.

De ce point de vue, envisagé seul pour cette fois, il y a lieu de rechercher si l'*équilibre azoté* n'est pas susceptible d'être influencé par la nature des aliments, et si, dans une ration brute, de valeur calorifique suffisante et contenant les espèces indispensables, il n'est pas nécessaire que les *éléments constituants* figurent suivant *certains rapports*, variables avec leur structure et leur fonction chimique, pour que l'animal puisse tirer un parti conve-

nable des matériaux apportés. Cela revient à rechercher en quelles limites des principes alimentaires *isodynames* peuvent être *isotrophiques*.

Cet équilibre peut se réaliser, pour un temps au moins, chez l'animal prenant une nourriture riche ou déficiente en vitamines. Nous n'envisagerons aujourd'hui que ce dernier cas. Pour effectuer nos recherches, il nous a paru indispensable de soumettre des animaux (au repos et à une température extérieure constante) à un régime synthétique approprié. Des rats adultes, mâles, furent mis à une diète composée de sels, d'eau, d'albumine d'œuf(1), de sucres *purs* (saccharose, lactose, *d*-fructose) et de graisses *préparées et exemptes d'azote :* graisse de lard, de mouton, de bœuf(2). Il était tenu compte, dans le bilan, de l'apport en sucres fourni par l'albumine elle-même.

Le bilan azoté a été suivi pendant 30 et 40 jours. Les dosages d'azote étaient faits par la méthode de Kjeldahl (destruction en présence de SO^4Cu et SO^4K^2; distillation à l'appareil de Schlœsing). La distribution des rations évaluées très exactement, la pesée des animaux, la récolte des excreta avaient lieu à heure fixe, chaque jour. Le poids de l'albumine de chaque ration était déduit du poids de l'azote d'entrée. Le dosage de l'azote de sortie portait sur les excreta de 24 heures détruits en une seule fois. La température ambiante était maintenue entre 10° et 11°.

Les sels restant fixes, nous avons fait varier, dans une ration sensiblement de même valeur énergétique, la proportion des trois éléments, albumines, sucres et graisses, de façon à maintenir constant le poids de l'animal et assurer l'équilibre azoté. Nous avons recherché dans quelles conditions le minimum d'azote pouvait être atteint.

Tout d'abord, si l'on fait passer brusquement un rat d'un régime ordinaire au régime synthétique renfermant une forte proportion d'albumine et de graisse par rapport au sucre, l'animal perd rapidement du poids vif et de l'azote. Si l'on abaisse alors l'apport en albumine et en graisse et si l'on élève la proportion de sucre, l'équilibre azoté est rapidement atteint.

---

(1). Albumine d'œuf globale, coagulée par la chaleur. Nous avons dû renoncer à porter à haute température l'albumine en présence de divers sucres, en raison de la formation de corps mélanoïdiques susceptibles de produire le dégoût chez les animaux et le bloquage partiel de groupements importants (Roxas) dans la molécule protéique.

(2) Une telle diète, ainsi qu'il ressort de recherches sur les animaux adultes ou en croissance, ne peut renfermer que de petites quantités de facteur A. Les facteurs B et C (Mc. Carrison) y font défaut. De plus, les animaux ne pouvaient manger leurs excréments.

Le *rôle fonctionnel chimique* des *sucres* se manifeste rapidement, en particulier dans le cas du *lévulose*.

En laissant les rats s'adapter progressivement à la nourriture synthétique contenant les éléments en proportions convenables, on peut, en évitant la constipation, conserver des animaux en équilibre azoté pendant 25 et même 35 jours, avant de voir éclater les accidents d'avitaminose sur lesquels nous reviendrons. Ainsi l'équilibre azoté a pu être assuré, chez un même rat (190^g), successivement pendant trois périodes de 8 jours avec les rations suivantes, comprenant, par gramme de rat et par jour :

1° 0^g,009 d'albumine; 0^g,02 de sucres (saccharose 95 parties, lactose 5 parties) et 0^g,019 de graisses (1 partie graisse de lard, 0,5 partie graisse de mouton);

2° 0^g,008 d'albumine; 0^g,018 de sucres (même composition qu'en 1°) et 0^g,02 de graisses (1 partie graisse de lard, 1 partie graisse de bœuf, 0,5 partie graisse de mouton);

3° 0^g,0046 d'albumine; 0^g,022 de sucres (lévulose 50 parties, lactose 4 parties, saccharose 46 parties) et 0^g,019 de graisses (de même composition qu'en 2°).

Conclusions. — Des rats peuvent être maintenus, un certain temps, en équilibre azoté, avec un régime déficient en vitamines, pour des proportions d'albumines, de graisses et de sucres variables dans une ration de valeur énergétique donnée et suffisante. Le minimum de chacun de ces trois éléments est conditionné par la nature chimique et le rapport des deux autres éléments. Le minimum d'azote est atteint quand un sucre est présent, à un certain taux, dans la ration.

CYTOLOGIE. — *Le nombre des chromosomes chez les têtards parthénogénétiques de grenouille.* Note de M. R. **Hovasse**, présentée par M. Yves Delage.

Brachet et, plus récemment, Lœb [1] ont reconnu, chez les embryons de grenouille obtenus par le procédé Bataillon, un nombre de chromosomes supérieur au nombre réduit de l'espèce, et voisin du nombre diploïde.

Un élevage d'embryons de *Rana temporia*, obtenus de même, me permet de confirmer et de préciser cette donnée.

[1] *Further experiments on the sex of parthenogenetic Frogs* (*Proc. of national Ac. of Sc.*, 1918).

L'étude cytologique d'un premier têtard, âgé de 18 jours, m'a donné tout d'abord un nombre de segments chromatiques voisin du nombre normal ($2n = 24$) soit 24, 24, 26, 27. Un second, âgé de 50 jours, à quelques jours de la métamorphose, m'a fourni des nombres comparables : 24?, 25 à 27, 27, 27. Ces numérations étaient faites sur des couronnes équatoriales où les chromosomes sont longs et enchevêtrés, et je n'opérais que sur coupes de 3$^{\mu}$ d'épaisseur. Dans de telles conditions, chaque mitose comprenant trois coupes, une erreur *en plus* est inévitable. J'ai essayé alors, comme contrôle, de faire quelques numérations sur l'épiderme caudal étalé. Malgré la petitesse des mitoses, j'ai obtenu avec certitude les nombres suivants : 22 ou 23, 23 ou 24, 24 ou 25, 24 ou 26.

Ces deux têtards étaient d'aspect identique à celui des témoins fécondés dont ils ne différaient que par une taille plus faible (environ de $\frac{1}{5}$). Leurs tissus, au moins pour ce qui concerne la dimension des cellules et noyaux, sont tout à fait comparables à ceux des témoins. Le plus âgé présente des ébauches génitales avec des ovules primordiaux d'apparence normale.

Ces deux têtards à nombre diploïde auraient parfaitement pu dépasser la métamorphose.

Il existe donc certainement des embryons parthénogénétiques, développés sans le secours d'aucun spermatozoïde, et qui malgré cela ont un nombre de chromosomes double de celui de l'œuf vierge.

Pour expliquer ces faits, deux hypothèses viennent à l'esprit. L'existence du nombre diploïde peut être le fait d'une *régulation* au sens de Delage; ou bien l'élément cellulaire introduit dans l'œuf vierge par la piqûre de l'expérimentateur aura fourni les chromosomes supplémentaires. Bataillon et Herlant ont à l'avance écarté cette deuxième hypothèse : l'élément introduit par le stylet reste totalement indépendant du pronucleus femelle.

Reste donc seule la première hypothèse d'une autorégulation du nombre. J'ai voulu alors, en étudiant des stades plus jeunes, déceler l'instant où elle s'accomplit et en analyser le mécanisme. Mon matériel limité ne m'a pas permis de le faire totalement. J'ai cependant acquis quelques données intéressantes.

Les deux plus jeunes de mes têtards, âgés de 8 jours, étaient arrêtés en pleine gastrulation. Tous deux avaient le nombre déploïde, mais avec des écarts notables : 15 à 17, 19, 20, 23 à 25, 24 à 25, 25 à 27, 27 à 28.

En relation avec cette variabilité, la taille des noyaux était inconstante, oscillant dans certaines régions en 5$^{\mu}$ et 16$^{\mu}$ de diamètre. Beaucoup dégénéraient; j'ai rencontré même quelques divisions hétéropolaires.

La régulation y était certainement faite depuis longtemps, néanmoins je

crois qu'il est possible d'interpréter ces processus pathologiques comme corrélatifs du fonctionnement anormal de son mécanisme.

Fait inattendu, les sept têtards qui me restaient, tous plus ou moins maladifs, n'avaient que le nombre réduit de chromosomes. La multiplication cellulaire était intense chez les quatre premiers âgés de 10 jours; la taille moyenne des cellules et noyaux était sensiblement moitié de celle des témoins, le nombre des éléments cellulaires par contre environ le double. J'ai obtenu les nombres de chromosomes que voici : 13 fois sur 16 le nombre 12, 1 fois 13, 1 fois 9, 1 fois 8. Ces deux derniers chiffres dans une zone riche en dégénérescences nucléaires.

Des noyaux géants, jusqu'à 35$^{\mu}$ de diamètre, très riches en chromatine, mais périclitant certainement, m'ont paru constants dans le vitellus.

Deux embryons, que j'avais vu croître et acquérir leurs branchies externes d'une façon tout à fait normale, furent fixés à 12 jours, comme leur croissance semblait arrêtée. Aucun de leurs noyaux n'était en mitose, mais la taille des éléments (cellules et noyaux) était celle des embryons précédents.

Le dernier têtard, fixé à 16 jours, d'allure bizarre, avec un gros ventre et une courte queue, m'a donné les nombres : 11 à 12, 11 à 12, 12. Dans ses tissus, j'ai trouvé d'abondantes figures d'amitoses associées à des dégénérescences nucléaires.

Aucun de ces derniers têtards à nombre haploïde n'aurait continué à vivre, les troubles que tous présentaient, bien qu'à des âges différents, étant incompatibles avec une reprise du développement.

Il existe donc, à côté d'embryons chez lesquels le nombre des chromosomes se régularise, sans doute très tôt, peut-être au début de la segmentation, d'autres qui conservent le nombre réduit de chromosomes, sans qu'une régulation intervienne. Le petit nombre de cas observés ne me permet pas de croire que *seuls* les premiers soient susceptibles d'une survie régulière; il n'y a que l'étude d'un nombre plus élevé d'embryons avancés qui permette de trancher cette question.

Il me semble utile de rapprocher ces faits de ceux qu'a signalés Driesch [1] chez l'oursin. Par les procédés de Lœb et Delage, procédés qui n'introduisent rien dans l'œuf, cet auteur a obtenu des larves parthénogénétiques, dont les cellules étaient dès le jeune âge, tantôt de la taille de celles des témoins, tantôt d'une taille moindre de moitié, tantôt enfin d'une taille variée.

Étant donnée la relation nucléoplasmatique, on peut traduire ainsi ces

---

(1) *Zur Cytologie parthenogenetischer Larven von Strongylocentrotus* (*Arch. f. Entwick.*, t. 19, 1905).

faits : embryons régularisés, embryons non régularisés, embryons présentant des troubles de régularisation. *Le comportement du nombre est le même chez la grenouille et chez l'oursin.* Dans ses études de mérogonie, Delage a ainsi certainement obtenu des larves régularisées qu'il a étudiées cytologiquement, tandis que l'étude de ses contradicteurs a porté sur d'autres qui ne l'étaient pas.

M. **Delage** fait suivre la présentation de cette Note des remarques personnelles suivantes :

Je demande la permission de faire remarquer que dans mes expériences, non point seulement sur la mérogonie, mais aussi sur la parthénogenèse expérimentale des oursins (1), j'ai soutenu que chez les larves parthénogénétiques le nombre initial haploïde des chromosomes faisait place ultérieurement au nombre diploïde, lequel se rétablissait par auto-régulation. Pendant un grand nombre d'années, les observations des cytologistes ont été constamment en contradiction avec les miennes. Je suis heureux de trouver dans la Note ci-dessus la confirmation éclatante des idées que j'ai été si longtemps seul à soutenir.

ZOOLOGIE. — *Régime alimentaire du Cyprin doré à Madagascar.* Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le cyprin doré (*Carassius auratus* Linné) introduit en 1861 par Jean Laborde dans l'étang d'Anosy, à Tananarive, a émigré de proche en proche ou a été transporté dans tous les canaux, cours d'eau, marais et lacs du massif central de Madagascar, où il pullule aujourd'hui.

M. Sainjon l'a introduit en 1908 dans le lac Alaotra.

J'en ai, en 1917, doté le gouffre de Tritrive, jusqu'alors dépourvu de toute faune ichthyologique, et divers points de la côte Est : l'Ivolona, Tamatave, Fénérive.

Du fait des conditions météorologiques et agricoles, le cyprin est soumis pour son alimentation à deux régimes très inégaux, Pendant l'hiver, de 6 à 7 mois sans pluies, à mesure que s'assèchent les rivières et les canaux, le cyprin reflue vers les marais permanents, dont la superficie diminuée et la température abaissée ralentissent beaucoup le développement de la petite faune entomologique pour laquelle il est d'ailleurs en concurrence avec la

(1) Yves Delage, *Les théories de la fécondation* (*Ve Congrès international de Berlin en* 1901; *Compte rendu du Congrès,* 1902, p. 7 et 8).

perche [1] et l'éléotris [2]; de sorte qu'il doit chercher sa nourriture sur le fond, son tube digestif est souvent bourré de vase ne contenant que quelques végétaux et des algues.

Les cyprins « tout venant » examinés provenaient soit du marché, soit des rizières, soit des étangs de la Station d'aquiculture; ils mesuraient en moyenne 5^{cm} à 8^{cm}, quelques-uns dépassaient 10^{cm}; 23 alevins de 3 à 4 mois avaient de 25^{mm} à 40^{mm}. Ceux provenant des rizières et des étangs étaient sacrifiés au moment de la capture et examinés selon la technique décrite ailleurs.

	Nombre de poissons examinés.	Contenu du tube digestif pour 100.		
		Insectes.	Entomos-tracés.	Crustacés (Crevettes).
Du 12 août au 17 octobre...............	47	42	19	2,4
Du 20 octobre au 19 novembre..........	25	0	20	»
Du 19 novembre au 13 décembre........	46	76	10	»
Du 14 décembre au 14 janvier..	52	92	61	»

Observations. — Insectes et entomostracés se rencontrent souvent dans le tube digestif du même cyprin.

Le dernier mois de la saison sèche (mi-octobre à mi-novembre) est le mois de grande disette, la « soudure » est difficile, les larves de chironomes sont rares, celles de culicides exceptionnelles, sauf dans les rizières de première saison où le cyprin n'a pas encore accès.

Par contre, dès l'établissement de la saison chaude (fin novembre) et dès que les pluies ont établi un régime hydraulique régulier, le cyprin transaque, il se répand par les canaux d'irrigation dans les rizières où il *stabule* et *fraie* à l'abri des attaques de la perche qui reste dans les marais. L'étendue et la richesse des parcours dont il dispose pendant 5 à 6 mois de la saison rizicole favorisent sa multiplication et son accroissement.

A mesure que la faunule aquatique augmente, la vase et les végétaux se raréfient dans le tube digestif du cyprin jusqu'à devenir exceptionnels; les quelques filaments herbeux qu'on y trouve doivent être saisis en même temps que les petites proies animales qui se cachent dans les touffes.

La digestion chez le cyprin est très rapide, dans l'estomac les insectes sont déjà transformés au point d'être d'une diagnose difficile, *a fortiori* dans l'intestin; la carapace des crustacés et entomostracés résiste mieux aux sucs digestifs.

---

(1) Jean Legendre, *Régime alimentaire de la perche malgache* (*Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 208).

(2) Jean Legendre, *Régime alimentaire de* E. Legendrei *Pellegrin* (*Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 811).

Le poisson doré se nourrit des insectes les plus divers, mais, comme la perche malgache, il a une préférence marquée pour les vers de vase et les larves de moustiques. Il fait également une grande consommation d'entomostracés (cyclopes et daphnies) dont l'effectif s'accroît considérablement à la saison des pluies dans le sol fumé des rizières. Il ne mange pas de mollusques, rarement des crevettes (4 fois sur 170 examens), ce qui n'empêche pas les Malgaches de l'accuser d'avoir détruit ces dernières.

Il apparaît donc que le Cyprin ne consomme des végétaux que dans une faible mesure et, à défaut de nourriture animale, qu'il est plus volontiers géophage qu'herbivore, fouillant la vase plutôt que d'avaler des herbes.

L'élévation de la température ne suffit pas à déterminer la poussée annuelle de la faunule aquatique, la chute des pluies est le second élément *indispensable* à son développement ainsi qu'à celui de la flore. La température des eaux ne descend qu'exceptionnellement au-dessous de 13° et pour quelques heures seulement, en juin, juillet et août, mois les plus froids, pendant lesquels le cyprin garde cependant toute son activité et fraie, ce que j'ai établi par la découverte des œufs sur des *Pistia*, œufs qui ont éclos les jours suivants. La période de ponte, qui s'échelonne sur neuf mois au moins, est très active de septembre à décembre inclus. Pendant l'hiver, l'appétit de la dorade de Chine n'est donc limité que par la pénurie des aliments et non par défaut d'activité alimentaire.

Au point de vue *économique*, l'acclimatation du Cyprin à Madagascar est intéressante, puisqu'il peut être produit dans les rizières à raison de 300^{kg} à l'hectare; de même au point de vue *prophylactique*, puisqu'il détruit un grand nombre de larves de moustiques et que le paludisme est à Madagascar un fléau contre lequel on n'a encore pris aucune mesure sérieuse.

M. **Émile Belot** adresse une Note intitulée : *L'origine de la chaleur solaire ou stellaire expliquée par les chocs cosmiques.*

M. **Edmond Jandrier** adresse une Note intitulée : *Sur certaines relations numériques que présentent les poids atomiques des éléments de la forme* RH.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 25 MAI 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques transformations des équations aux dérivées partielles du second ordre.* Note de M. **E. Goursat.**

1. J'ai déjà montré dans une Note précédente [1], et dans un Mémoire plus développé des *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, comment l'étude d'un système de deux équations de Pfaff à 6 variables conduisait très facilement aux propriétés essentielles des transformations de Bäcklund. Je rappellerai seulement les résultats qui seront utilisés dans la suite de cette Note.

Tout système de deux équations de Pfaff à 6 variables peut en général être ramené de deux façons différentes, et de deux seulement, à la forme suivante

$$\omega_1 = dz - p\,dx - q\,dy = 0, \qquad \omega_2 = dp - u\,dq - a\,dx - b\,dy = 0, \tag{1}$$

a et b étant des fonctions quelconques des 6 variables x, y, z, p, q, u. Si l'on regarde z comme une fonction des deux variables indépendantes x et y, la seconde équation du système est équivalente à deux équations distinctes

$$r - us - a = 0, \qquad s - ut - b = 0,$$

et l'élimination de u conduit à une équation du second ordre E_1, admettant une famille de caractéristiques du premier ordre, dont l'intégration est équivalente à celle du système (1). Je dirai, pour abréger, que E_1 est une *résolvante de première espèce* de ce système. D'après le résultat qui vient

---

[1] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 547-550.

d'être rappelé, tout système de deux équations de Pfaff à 6 variables admet en général deux résolvantes de première espèce.

L'intégration du système (1) peut quelquefois se ramener d'une autre manière à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du second ordre. Supposons que ce système s'écrive, avec d'autres variables X, Y, Z, P, Q, U,

$$(1') \quad \Omega_1 = dZ - P\,dX - Q\,dY = 0, \qquad \Omega_2 = dU - A\,dX - B\,dY - C\,dP - E\,dQ = 0,$$

A, B, C, E étant des fonctions des nouvelles variables. Si l'on cherche encore à déterminer Z, les variables indépendantes étant X, Y, la seconde équation du système fournit une condition d'intégrabilité qui est linéaire en R, S, T, $RT - S^2$, les lettres R, S, T ayant le sens habituel, et qui contient en général la variable U. Mais il peut se faire que, par un choix convenable des variables nouvelles, cette condition ne renferme pas U. La fonction Z doit satisfaire alors à une équation du second ordre, que j'appelle une *résolvante de seconde espèce* du système de Pfaff. A toute intégrale de cette résolvante correspondent une infinité d'intégrales à deux dimensions du système de Pfaff, dépendant d'une constante arbitraire, que l'on obtient par l'intégration d'une équation différentielle du premier ordre. Ces diverses résolvantes d'un même système se correspondent par l'une des transformations de Bäcklund B_1, B_2 ou B_3.

On a étudié aussi d'autres transformations qui font correspondre deux équations aux dérivées partielles du second ordre, de telle sorte qu'à toute intégrale de l'une correspondent des intégrales de l'autre ne dépendant que d'un nombre *fini* (qui peut être nul) de constantes arbitraires.

La plupart des transformations connues, et beaucoup d'autres sans doute, se rattachent d'une façon très naturelle à l'étude du système de Pfaff, qui est équivalent à une équation du second ordre, et des systèmes prolongés qui s'en déduisent.

2. On sait que l'intégration d'une équation du second ordre

$$(2) \qquad r = f(x, y, z, p, q, s, t)$$

peut être remplacée par un problème un peu plus général, la recherche des intégrales à deux dimensions du système de trois équations à 7 variables x, y, z, p, q, s, t,

$$(3) \qquad dz = p\,dx + q\,dy, \qquad dp = f\,dx + s\,dy, \qquad dq = s\,dx + t\,dy;$$

ce système n'est pas le plus général des systèmes à 7 variables, car il admet un *système dérivé*, formé de la première équation de ce système. Inversement, il est facile de démontrer que tout système S_3 de 3 équations à 7 variables qui admet un système dérivé, formé par une équation de classe 5, peut être ramené à la forme (3). Étant donné un système S_3 de cette espèce, s'il existe une équation aux dérivées partielles du second ordre E telle qu'à toute intégrale de E correspondent des intégrales à deux dimensions M_2 de S_3 ne dépendant que d'un nombre fini (qui peut être nul) de constantes arbitraires, je dirai que E est une résolvante du système S_3. Nous connaissons *a priori* une résolvante du système (3), l'équation (2) elle-même; je l'appellerai la *résolvante principale*. Ce système peut, dans certains cas, admettre d'autres résolvantes.

1° Il en est ainsi si l'on peut trouver deux équations du système S_3 formant un système S_2 de classe 6.

Les diverses résolvantes de S_2 sont aussi des résolvantes de S_3. Mais il peut encore se présenter deux cas; il peut se faire que S_3 soit le prolongement de S_2 : c'est ce qui arrive en particulier si l'équation (2) admet une famille de caractéristiques du premier ordre. Le système S_3 renferme alors un système S_2 dont l'équation (2) est une résolvante de première espèce. Les autres résolvantes de S_2 correspondent à celle-là par une transformation de Bäcklund.

Il peut aussi arriver que S_3 renferme un système S_2 de sixième classe sans en être le prolongement. Par exemple, si l'équation (2) ne renferme pas z, les deux dernières équations (3) forment un système S_2 à 6 variables x, y, p, q, s, t. Comme toute équation du second ordre qui admet une transformation de contact infinitésimale peut être ramenée à une équation qui ne renferme pas z, on en conclut que l'intégration d'une équation du second ordre qui admet une transformation de contact infinitésimale peut être ramenée à l'intégration d'une équation du second ordre qui possède un système au moins de caractéristiques du premier ordre. Cette propriété a déjà été remarquée par M. Cerf, qui l'avait obtenue par un procédé tout différent.

2° Le système S_3 peut admettre des résolvantes d'une autre espèce. Soient X, Y, Z, P, Q, U, V un nouveau système de variables telles que les équations du système soient, avec ces variables,

$$(3')\qquad \begin{cases} dZ = P\,dX + Q\,dY, \\ dU = A\,dX + B\,dY + C\,dP + E\,dQ, \\ dV = A_1\,dX + B_1\,dY + C_1\,dP + E_1\,dQ, \end{cases}$$

$A, B, C, E, A_1, B_1, C_1, E_1$ étant fonctions des nouvelles variables. Si l'on prend encore X et Y pour variables indépendantes et si l'on suppose Z remplacée par une fonction $F(X, Y)$, P et Q par les dérivées partielles de F, les conditions d'intégrabilité des deux dernières équations fournissent deux relations linéaires en R, S, T, $RT - S^2$. Ces deux conditions sont distinctes pour un système quelconque de trois équations à 7 variables; mais le système $(3)'$ considéré admet un système dérivé composé d'une équation, ce qui ne peut avoir lieu que si les conditions d'intégrabilité se réduisent à une seule. En général, cette condition d'intégrabilité contient U et V. Si elle ne contient pas U et V, elle constitue une résolvante du système S_3 telle qu'à toute intégrale de cette résolvante correspondent ∞^2 intégrales du système. Considérons par exemple le système

$$(4)\quad \begin{cases} dz = p\,dx + q\,dy, \qquad dp = [X_1 p + X_2 z + f(x, y, q, s, t)]\,dx + s\,dy, \\ \qquad\qquad\qquad\qquad dq = s\,dx + t\,dy \end{cases}$$

dont la résolvante principale est l'équation

$$r = X_1 p + X_2 z + f(x, y, q, s, t).$$

On peut encore écrire ce système

$$(4)'\quad \begin{cases} dZ = P\,dx + Q\,dy, \qquad dz = p\,dx + Z\,dy, \\ dp = [X_1 p + X_2 z + f(x, y, Z, P, Q)]\,dx + P\,dy, \end{cases}$$

et la condition d'intégrabilité de la dernière équation conduit à une équation de Monge-Ampère à laquelle satisfait $Z = q$ (1).

3. Tous ces résultats peuvent être généralisés en prolongeant le système (3). L'équation (2) et celles qu'on en déduit par des différentiations permettent d'exprimer toutes les dérivées partielles de Z au moyen de x, y, z et des dérivées p_{0n} et p_{1n}, où $p_{ik} = \frac{\partial^{i+k} z}{\partial x^i \partial y^k}$. En ajoutant au système (3) les relations nouvelles

$$(5)\qquad ds = p_{21}\,dx + p_{12}\,dy, \qquad dt = p_{12}\,dx + p_{03}\,dy,$$

on obtient un système S_5 de cinq équations à 9 variables $x, y, z, p, q, s, t, p_{12}, p_{03}$, qui est le prolongement de S_3, et dont S_3 est le système dérivé. En adjoignant à ce nouveau système les deux équations qui donnent dp_{12},

(1) J'ai déjà étudié cette transformation dans mes *Leçons sur l'intégration des équations aux dérivées partielles du second ordre*, t. 2, p. 242.

dp_{03}, et ainsi de suite, on obtient une suite illimitée de systèmes de Pfaff $S_3, S_5, \ldots S_{2n+1}, \ldots$ dont chacun est le prolongement du précédent et contient deux variables et deux équations de plus, tandis que S_{2n-1} est le système dérivé de S_{2n+1}. Il est clair que toute résolvante de l'un de ces systèmes est aussi une résolvante pour S_3. De même, si le système S_{2n+1} renferme un système partiel qui admet une résolvante E, cette équation E sera aussi une résolvante pour S_3. Par exemple, il peut se faire qu'en prenant n assez grand, le système S_{2n+1} contienne un système S_2 de deux équations à 6 variables, qui n'est pas contenu dans S_{2n-1}. Il serait facile d'en donner des exemples.

Il peut aussi y avoir des résolvantes analogues à celles qui ont été indiquées pour S_3 au paragraphe précédent.

Le système S_{2n+1} étant mis sous la forme

$$(6)\qquad \begin{cases} dZ = P\,dX + Q\,dY, \\ dU_i = A_i\,dX + B_i\,dY + C_i\,dP + E_i\,dQ, \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2n), \end{cases}$$

quand on cherche à déterminer Z en fonction de X et de Y, les $2n$ dernières équations (6) fournissent encore *une* seule condition d'intégrabilité, puisque le système (6) admet un système dérivé formé de $2n - 1$ équations distinctes. Cette condition d'intégrabilité contient en général les U_i, mais si, en choisissant convenablement les nouvelles variables, les U_i ne figurent pas dans cette condition, on a une équation de Monge-Ampère qui est une résolvante de S_{2n+1}, et à chaque intégrale de cette équation correspondent ∞^{2n} intégrales du système.

Considérons, par exemple, le système S_5 obtenu en ajoutant à S_3 les deux équations

$$(7)\qquad ds = \left(\frac{df}{dy}\right)dx + p_{12}\,dy, \qquad dt = p_{12}\,dx + p_{03}\,dy,$$

où

$$\frac{df}{dy} = \frac{\partial f}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial z}q + \frac{\partial f}{\partial p}s + \frac{\partial f}{\partial q}t + \frac{\partial f}{\partial s}p_{12} + \frac{\partial f}{\partial t}p_{03}.$$

En remplaçant t, p_{12}, p_{03} par Z, P, Q respectivement, la dernière équation s'écrit $dZ = P\,dx + Q\,dy$, et les conditions d'intégrabilité des précédentes se réduisent à une seule

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{d}{dy}\left(\frac{df}{dy}\right) + \frac{\partial f}{\partial s}\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial t}\frac{\partial Q}{\partial y}.$$

Pour que cette condition soit indépendante de z, p, q, s, l'équation (1)

doit être de la forme

$$r=[Xy+X_2]z+[X_3+X_2y-Xy^2]q+(X_3y+X_4)p$$
$$+[X_6+X_5y-X_3y^2]s+\psi(x,y,t);$$

en différentiant deux fois par rapport à y, on obtient bien une équation de Monge-Ampère pour déterminer t.

4. Lorsque l'équation (1) admet une famille de caractéristiques du premier ordre, le système S_3 renferme un système S_2 de classe 6 dont il est le prolongement. On peut alors former une suite de systèmes S_2, S_3, S_4, ..., S_n, dont chacun est le prolongement du précédent, et renferme une équation et une variable de plus, le système S_n admettant S_{n-2} pour système dérivé. Toutes les propriétés précédentes s'appliquent aussi à ces systèmes.

Lorsque l'équation (1) admet un groupe de transformations de contact, à ce groupe correspond au moins une résolvante pour le système S_3.

ASTRONOMIE. — *Les instruments et les travaux de l'Observatoire de Sainte-Geneviève.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Instruments de Pingré (¹). — Lors de la fondation de cet Observatoire, dit Lalande (*Bibliogr.*, p. 775), l'abbé et le chapitre de Sainte-Geneviève donnèrent à Pingré un télescope de 6 pieds, une pendule et une lunette.

A l'occasion de ses voyages, Pingré disposa de divers autres instruments; et déjà auparavant l'Académie des Sciences lui avait remis un quart de cercle; elle lui confia d'autres instruments encore dans la suite, comme le prouve la pièce suivante que j'ai retrouvée, en double exemplaire, dans une liasse non classée des Archives de l'Observatoire de Paris :

(¹) L'Observatoire national possédait un buste de Pingré par J.-J. Caffieri, en terre cuite, qui est au Louvre depuis 1910; il figura au Salon de 1789.

La bibliothèque de Sainte-Geneviève possède deux bustes en plâtre et deux portraits de Pingré : de ceux-ci l'un est une peinture à l'huile de $1^m \times 0^m,90$ environ, datée de 1775 et l'autre un petit dessin manuscrit, avec légende écrite par Mercier de Saint-Léger. Sur les bustes de Pingré, voyez J. Guiffrey, *Les Caffieri*, Paris, 1877, in-8°, p. 192, 392, 394, 501, 502; — P. Vitry, dans le *Bull. des Musées de France*, 1910, p. 20-22 et pl., et dans *Les Arts*, 1911, n° 117, p. 6 et pl.; — A. Michel, dans les *Mélanges offerts à M. J. Guiffrey* (*Arch. de l'Art fr.*, nouv. période, t. 8, 1912, p. 309-310, et fig.).

Inventaire des instrumens d'Astronomie qui sont entre les mains du citoyen Pingré, astronome, et qui lui ont été confiés par la ci-devant Académie des Sciences, ainsi qu'il résulte de son récépissé resté entre les mains du trésorier de la dite Académie :

1° Un quart de cercle de deux pieds de rayon, par Langlois, avec son pied et sa boëte,
2° Un instrument des passages, lunette de trois pieds de rayon (*sic*).
3° Une boussolle d'inclinaison.
4° Un mégamètre grossièrement travaillé.
* 5° Un octant d'Hadley, en bois garni d'argent.
* N^a^. Ce dernier instrument ne s'est pas trouvé chez le citoyen Pingré, quoiqu'il soit dans l'état dont il a donné sa reconnoissance au trésorier de l'Académie.

Le 26 floréal de l'an 2e de la République française une et indivisible.

Signé : CHARLES, FORTIN.
Pour copie conforme : OUDRY, Secrét. G^al^.

Ces indications, jointes à quelques autres, glanées çà et là, dans les manuscrits comme dans les imprimés, permettent d'établir la liste suivante des instruments de l'observatoire de Pingré :

1. Une *lunette méridienne* de 3 pieds de foyer (n° 2° ci-dessus) portée par un axe de 23 po de long. Les registres de Pingré ne la mentionnent qu'une fois, le 8 mars 1756. On la retrouve à Saint-Domingue lors du passage de Vénus de 1769, et alors son réticule était formé d'abord de deux fils à angle droit, auxquels De Fleurieu ajouta deux fils horaires.

Quand Pingré déterminait l'heure à Paris, c'était par des hauteurs correspondantes du Soleil prises au quart de cercle, mais elles ne commencent qu'au 13 décembre 1756 et se raréfient ensuite peu à peu pour disparaître à partir de 1778. Auparavant il recevait l'heure par signaux envoyés de l'Observatoire de la Marine.

2. Une *pendule* à sonnerie. Pingré dit qu'avant l'arrivée de cette pendule il se servait d'une méridienne tracée dans l'église de l'abbaye.

3. Un *quart de cercle* de Langlois, de 2 pi de rayon (ailleurs 25 po) qui avait une erreur à la transversale 32°10'. Il fut faussé en 1761 à l'île Rodrigue, mais cependant il servait encore en 1769. Sa lunette est indiquée comme très bonne.

Sans doute Pingré n'eut ce quart de cercle qu'à la fin de 1756, époque où, comme on vient de voir, il commença de déterminer l'heure par des hauteurs correspondantes. Toutefois en 1755 il régla parfois sa pendule par des

hauteurs correspondantes prises avec un sextant de 3^{pi} de rayon que Delisle lui avait prêté.

4. Un *télescope* grégorien de 6^{pi}, avec micromètre filaire sur lequel nous manquons de détails.

5. Un *télescope* de $4^{pi}\frac{1}{2}$ que nous ne trouvons employé qu'en 1756.

6. Un *télescope* catoptrique de 32^{po} ($0^{m},87$), employé quelquefois pour les observations d'éclipses des satellites de Jupiter.

7. Une *lunette* de 17^{pi} (ailleurs 18^{pi}, même $16^{pi}\frac{1}{2}$; *Conn. des Temps*, 1810, p. 348) « de la façon du sieur George » (*Mém. Acad.*, 1761, p. 440). Pingré y observe parfois des ΔAR et Δ☉ avec un micromètre sur lequel nous manquons de renseignements.

8. Une *lunette* de 11^{pi}. Oculaire de 27^{li}.

9. Une *lunette* de 8^{pi}.

10. Une *lunette* de $5^{pi}2^{po}$, objectif à deux verres, travaillé par Canu, opticien de Rouen. On y adaptait tantôt un micromètre à pointes (1756), tantôt un autre prêté par le cardinal de Luynes (1758). C'est peut-être ce dernier que le ms. 2313, f° 419, dit « en forme de sextant, et divisé en 60 degrez... ».

11. Une *lunette* de 2^{pi}, de l'Étang, objectif achromatique à deux verres.

Instruments de Lechevalier. — Ici nous n'avons plus la moindre indication systématique, de sorte que nous sommes dans un vague complet, les registres d'observation faisant défaut comme les publications. Nous voyons seulement que les instruments de Pingré avaient disparu et que Lechevalier avait payé de sa bourse une bonne partie de ceux que renfermait son observatoire. En voici donc une indication un peu incertaine :

1. Une *lunette méridienne*, placée dans l'observatoire.

2. Une seconde *lunette méridienne*, qui lui avait servi pendant douze ans aux Relations extérieures.

En 1823, ayant changé d'appartement, par suite de la mort de Ventenat, il fit installer cette lunette dans le nouveau, pour éviter la fatigue de monter à son observatoire.

3. Un « grand *quart de cercle* » venant de Méchain, qui en « faisait autant de cas que du grand mural de l'Observatoire ». C'est sans doute celui que dès 1805 Lechevalier s'était proposé d'acquérir de Mme Méchain.

4. Un « superbe *équatorial* de Dollond » qui lui avait coûté 100 louis.

5. Une « grande et magnifique *lunette* de Dollond » à laquelle il fit adapter en 1821 un équipage pancratique; elle paraît se placer sur l'équatorial et doit être « à peu près aussi forte que celles de l'illustre Gambey ».

6. Un « superbe *héliomètre* de Dollond », avec lequel il mesure le diamètre du Soleil, les phases des éclipses de Lune.

7. Diverses *horloges*, les unes à temps sidéral, d'autres à temps moyen, à temps vrai.

8. Un *compteur*.

9. Un « excellent et beau *chronomètre* d'Arnold ».

10. Une montre ou *chronomètre* de Bréguet, à la fois de temps sidéral, de temps moyen et de temps vrai, marquant aussi les quantièmes, et qui lui avait coûté « 80 bons louis ».

A cela s'ajoutaient nombre d'instruments portatifs :

11. Un *théodolite* anglais d'Adams.

12. Des *sextants* de Dollond, de Ramsden, de Troughton.

13. Deux *cercles à réflexion*.

14. Un *horizon artificiel*.

15. Un *baromètre* de Fortin qu'on lui empruntait pour des missions officielles.

Travaux de Pingré (¹). — Pingré a beaucoup voyagé pour l'astronomie, mais n'a fait à son observatoire qu'un petit nombre d'observations, toutes accidentelles (Écl. ☉ (²), ☾ (³), sat. ♃, occult.).

Celles d'occultations d'étoiles sont assez nombreuses, et il prit soin de les calculer (⁴), ce qui était assez rare jusque-là (Lalande, *Bibliogr.*, p. 775):

(¹) Nous n'avons pour ainsi dire rien à signaler relativement aux travaux astronomiques de Lechevalier, qui n'observait guère que pour se distraire, pour régler ses horloges et ses chronomètres. Cependant on trouve dans sa correspondance (I, 11_2) le résultat de son observation inédite de l'éclipse de Soleil du 7 septembre 1820 : « fin de l'éclipse à l'observatoire de Pingré, à $3^h 31^m 17^s$ temps moyen », soit 13^s plus tôt qu'à l'observatoire royal. « Cette différence de 13^s peut bien venir de la faiblesse de mon grossissement de 45 fois, comparé à celui de l'observatoire qui était de 150 à 200 ». En 1822, il procéda aussi, avec Bouvard d'abord, puis avec Cauchoix, au nivellement barométrique du Mont-Valérien (I, en tête et f°s 165, 167).

(²) *Éclipses de Soleil*, 1760 juin 12 (291). — 1765 août 16 (Cluny, Ms. 2313, *f*° 235). — 1766 août 5 (402). — 1773 mars 23 (53). — 1778 juin 24 (61). — 1781 octobre 17 (705). — 1787 juin 25 (384).

(³) *Éclipses de Lune*. — 1755 mars 27 (390). — 1757 juillet 30 (169). — 1758 janvier 24 (337). — 1776 juillet 30 (174). — 1783 mars 18 (90).

(⁴) C'est un exemple qui n'a pas été assez suivi en France, où un très grand nombre d'observations d'occultations attendent encore, et depuis longtemps, un calculateur. Newcomb, dans ses travaux sur le mouvement de la Lune, en a réduit un certain nombre, particulièrement les plus anciennes; mais il en resterait beaucoup plus à réduire, notamment pour le XIXᵉ siècle.

c'est ainsi qu'il détermina diverses longitudes terrestres. Notons que Pingré négligea presque complètement même ces observations à partir de 1757, et celles qu'il fit ensuite paraissent inédites.

Une observation qui mérite d'être signalée est celle qu'il fit de γ vierge, à la demande de Le Monnier; le 6 juin 1758, il écrit (I, 58_2) :

Les 2 étoiles m'ont paru d'égale grandeur. J'ai pris ou voulu prendre leur distance au micromètre de mon grand télescope [6pi]. J'ai trouvé au plus 40 parties de distance ou 7″. Je puis au moins assurer que leur distance n'est pas plus forte; mais elle pourrait être moindre.

Nous savons que Pingré s'est beaucoup occupé des comètes; cependant il n'a publié aucune observation de ces astres (1).

Pingré et ses aides ont également fait des *observations météorologiques*, restées inédites je crois, et dont on pourrait tirer parti; elles remplissent presque entièrement les deux journaux dont nous avons parlé, mss. 1811 et 1812, que nous désignons par I et II.

Pendant presque toute l'année 1756 elles sont en forme de tableaux donnant trois fois par jour (matin, midy, soir) la hauteur du baromètre, la lecture du thermomètre et la direction du vent, indiquée par les coqs des clochers voisins ou par des girouettes. Ensuite la forme en tableau disparaît, mais les observations continuent plusieurs fois par jour, jusque vers l'époque du départ de Pingré pour l'observation du passage de Vénus de 1761. Elles sont accompagnées d'assez nombreuses remarques donnant l'allure du temps.

La première lacune va du 9 juillet 1760 au 22 mai 1763. A partir de ce moment il n'y a plus qu'une observation par jour, écrite toujours par Pingré : on peut en conclure qu'à partir de 1760 les aides avaient tous disparu; de sorte que la partie la plus complète s'étend du commencement de 1756 à juillet 1760.

Les observations de cette période d'environ 4 ans paraissent mériter confiance, parce que Pingré les suivait de près, comme on en peut juger par les remarques, parfois sévères, qu'il écrit sur le registre à l'adresse

(1) Il observa la comète 1767 I, mais ne publia pas ses observations : « ... J'ai été contraint par les circonstances, dit-il, de recourir à des méthodes [d'observation] moins certaines que celles qui ont été employées par MM. Cassini, Chappe et Messier » (*Mém. Acad.*, 1766, p. 423). Nous ne voyons pas, en effet, qu'il ait disposé de quelque pied parallactique. Ses observations sont dans son registre, I, f° 312. Il observa aussi la comète de Halley en 1759-1760 (I, f° 101, 106; II, 28) et celle de 1764 (II, 42) : pour cette dernière, Pingré calcula les éléments en partie sur ses observations, mais il ne donne pas celles-ci (*Mém. Acad.*, 1764, p. 387).

des observateurs : ceux-ci furent principalement *Jamard* d'abord, puis le sieur *Mimi*.

A côté des observations météorologiques il faut mentionner celles de diverses aurores boréales (II, 15_2, 47, 54, 82, 92_2) et d'un tremblement de terre, le 18 février 1756.

Fin de l'Observatoire. — En 1831 (*Lettres* II, 326), Lechevalier songeait à transporter ses instruments en Normandie, sa petite patrie; mais il ne donna pas suite à ce projet. Deux ans plus tard (*Lettres* II, 347), il nous apprend lui-même qu'il a disposé de presque tous ses instruments; et à partir de sa mort (1836) il n'est plus question de cet Observatoire, qui, par suite, a duré environ 80 ans.

Il existe aujourd'hui, à la bibliothèque Sainte-Geneviève, un quart de cercle (¹) et un télescope (²) qui, suivant toute probabilité, viennent de

(¹) *Quart de cercle* de laiton à 2 lunettes de $0^m,03$ d'ouverture. Il est porté directement par un axe horizontal, normal à son plan et passant à peu près par le centre de gravité; sur la plaque correspondant à cet axe est gravée l'inscription : FAIT PAR CANIVET, *Ingénieur en Instrumens* ......, *à Paris*, 1764.

L'arc, qui embrasse 100°, est divisé de 5′ en 5′ et subdivisé par un vernier; il porte deux chiffraisons en sens contraire, l'une donnant ainsi les hauteurs et l'autre les distances zénithales.

Le rayon de l'instrument correspondant au vernier est de $0^m,745$ ($2^{pi}4^{po}$).

L'axe vertical, qui porte lui-même l'axe horizontal, est soutenu par un pied à 4 branches à vis calantes; les déplacements en azimut sont mesurés par un cercle de $0^m,135$ de diamètre total, finement denté sur la tranche pour recevoir une vis sans fin qui est encore en place.

Le rappel en hauteur se fait non par la tige habituelle, mais par le moyen d'un cercle plein de $0^m,33$ de diamètre, finement denté aussi sur sa tranche pour recevoir une autre vis sans fin encore existante; ce cercle est fixé à la seconde extrémité de l'axe horizontal. Haut. totale : $1^m,90$.

(²) *Télescope* tout en laiton, de $0^m,10$ d'ouverture, à miroir métallique percé centralement et de $0^m,44$ de foyer environ; le petit miroir, qui a disparu, était en moyenne à $0^m,50$ du grand; le télescope était donc grégorien. Longueur de tube : $0^m,62$; il est muni d'un chercheur.

Sur la culasse de ce tube est gravée l'inscription : JAMES SHORT *London* $\frac{232}{1272} = 18$. A la même culasse est fixé un micromètre à vis portant cette inscription gravée : PASSEMANT AU LOUVRE 1760.

Le pied, à 3 branches qui se replient pour les transports, est à latitude variable de 0° à 90°.

Un demi-cercle de hauteur (ou de ⊕), de $0^m,12$ de rayon, fixé au tube, est rectifiable; il porte un axe de $0^m,20$ de long qui lui est normal et qui repose sur deux

Méchain, par l'intermédiaire de Lechevalier : cela paraît même certain pour le premier, qui serait le n° 3 indiqué ci-dessus ([1]).

M. B. **Baillaud**, en présentant à l'Académie le Tome 29 des *Mémoires de l'Observatoire de Paris*, fait, au sujet des deux Mémoires qu'il contient, l'exposé suivant :

I. — **J. Bossert** : *Catalogue des mouvements propres de* 5671 *étoiles* (annoté et publié par **L. Schulhof**).

J. Bossert avait publié, en 1896, dans les *Annales de Paris* (*Observations pour* 1888), un Catalogue des mouvements propres de 2641 étoiles résultant de l'ensemble des documents connus jusqu'alors. Depuis cette époque, l'accroissement très sensible des publications l'amena à penser que leur utilisation lui permettrait de mettre en évidence de nouveaux mouvements et de rectifier des valeurs adoptées. Il se décida à entreprendre une révision complète de son premier Catalogue et y *introduisit plus de* 3000 *étoiles* dont les mouvements propres lui ont paru offrir une réalité indiscutable. 2000 de ces mouvements propres avaient été déterminés par lui.

A la mort de Bossert, survenue le 22 juin 1906, on venait de commencer l'impression; M. Lœvy confia les soins de la publication à M. Schulhof qui avait collaboré avec Bossert pour d'autres travaux.

L'introduction au Catalogue (p. 1 à 10) est l'œuvre de Bossert; avec un court historique, elle donne l'indication des Catalogues ou Recueils astronomiques auxquels les mouvements propres ont été empruntés; cette citation est accompagnée de remarques critiques importantes. Disons encore que Bossert a admis que le vingtième de seconde d'arc est la limite de ce qui peut être mis en évidence, en fait de mouvements propres, pour une des coordonnées.

---

coussinets réglables comme ceux des anciennes lunettes méridiennes. Ces coussinets terminent 2 colonnes portées par le cercle horizontal (ou équatorial), qui a $0^{m},21$ de diamètre. Ce cercle est divisé en 24 heures marquées en chiffres romains qui forment 2 séries de 12 heures. Il y a des rappels pour les deux cercles. Hauteur totale de l'instrument seul : 1^{m}. On le plaçait sur une petite table ou pied triangulaire de $0^{m},76$ de hauteur qui le porte encore aujourd'hui.

([1]) La bibliothèque Sainte-Geneviève possède aussi la Carte originale de la Lune, de $3^{m},0$ de diamètre, dessinée par Ph. de La Hire, et un beau modèle de la frégate *l'Aurore*.

Schulhof s'était d'abord proposé seulement de rechercher les autorités de tous les mouvements propres donnés par Bossert, et de tout vérifier. En présence du grand nombre de recueils importants publiés d'année en année, il élargit son programme, et se proposa de donner, pour toutes les étoiles du Catalogue, les diverses déterminations de leur mouvement propre, aussi bien les médiocres que les bonnes.

On appréciera l'étendue de la tâche accomplie par L. Schulhof par ces lignes de la page B. 13 : « Je ne me suis pas contenté de vérifier une par une les valeurs des mouvements propres données par Bossert; mais j'ai très souvent apporté des modifications aux coordonnées du Catalogue, lorsque j'ai disposé d'observations rapportées à l'équinoxe 1900,0. »

La Section II des Notes de M. Schulhof est consacrée à l'étude, dans les étoiles du Catalogue de Bossert, de particularités diverses. On y trouve les rubriques suivantes : 1° Mouvements relatifs par mesures micrométriques ou au moyen du blink microscope de M. Pulfrich. — 2° Étoiles doubles visuelles; Schulhof donne un rapide et intéressant historique. — 3° Les doubles spectroscopiques, insoupçonnées il y a 30 ans et révélées par des variations régulières et périodiques de la vitesse radiale. — 4° Les résultats obtenus par E. C. Pickering sur la répartition des étoiles des différents types spectraux et ceux de Frost relative aux étoiles du type B, dont les $\frac{2}{3}$ sont binaires. — 5° Les relations entre les types spectraux et les vitesses radiales et angulaires. — 6° Parallaxes moyennes, dont l'étude a été inaugurée par Kapteyn et poursuivie depuis par Campbell. — 7° Vitesses radiales et vitesses visuelles des nébuleuses, étudiées par Campbell, 23^{km} par seconde. Curtis 39^{km} et Slipher 400^{km} pour quelques rares nébuleuses spirales. — 8° Mouvement de translation du système solaire. — 9° Les deux courants stellaires (star streams ou star streaming) proposés par Kapteyn qui nomme *vertex* les régions vers lesquelles ces deux courants se dirigent. — 10° Détermination de l'apex par Boss. Schulhof s'étend sur ce travail dont les résultats sont, pour lui, les plus exacts que l'on ait obtenus. — 11° Application des vitesses radiales à l'étude de l'apex et des vertex. — 12° Recherches de B. Boss sur les mouvements systématiques des étoiles dépendant de leur type spectral. S'occupant des courants stellaires particuliers, Schulhof fait de nombreuses remarques.

Arrivant enfin aux nébuleuses planétaires et spirales, Schulhof écrit que, par les travaux de Campbell et Moore, on connaît neuf objets pour lesquels des différences de vitesses se sont manifestées entre divers points; Young et Harper, pour quinze nébuleuses spirales, trouvent des vitesses radiales entre -330^{km} et $+1000^{km}$.

Les notes qui suivent l'exposé donnent pour un grand nombre d'étoiles du Catalogue de Bossert des renseignements divers; elles concernent surtout des étoiles ayant un compagnon approché ou éloigné.

II. — J. **Baillaud** : *La méthode de l'échelle de teintes en photométrie photographique.*

M. Jules Baillaud a consacré une grande partie de son activité à l'étude de diverses questions de photométrie dans le désir d'augmenter la précision des résultats donnés par les études stellaires et plus particulièrement ceux fournis par le Catalogue international photographique. Tandis que les études de laboratoire permettent d'atteindre la précision du centième, les études stellaires conduisent avec peine à la précision du dixième; dans les travaux de Catalogue tout au moins, les erreurs du simple au double sont la règle.

Le Mémoire inséré dans notre Tome 29 contient une étude de la méthode de photométrie photographique probablement la plus précise: la méthode de l'échelle de teinte, qu'avaient énoncée M. Camichel et M. Cotton. Bien appliquée, elle conduit, quels que soient les défauts des plaques photographiques, à une précision du centième. L'auteur a fait une application de cette méthode à une étude de photométrie stellaire, sur l'absorption atmosphérique, qui sera donnée ultérieurement; dans le présent Mémoire, à une étude de laboratoire sur l'étalon lumineux à acétylène. L'auteur s'est particulièrement attaché à l'étude de l'étalon Fouché dont la simplicité d'emploi et les facilités de reproduction surpassent de beaucoup celles des étalons secondaires utilisés dans les laboratoires de photométrie.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les congruences qui appartiennent à un complexe linéaire et telles que les lignes de courbure se correspondent sur les deux surfaces focales.* Note de M. C. **Guichard**.

Je prends comme troisième axe de coordonnées l'axe du complexe que je suppose vertical. L'équation du complexe sera

$$(1) \qquad L_3 + RX_3 = 0,$$

où X_3 et L_3 désignent respectivement la projection et le moment d'une droite du complexe par rapport à l'axe. Je désignerai par (A) (x_1, x_2, x_3) un réseau O; par $B(y_1, y_2, y_3)$ la surface polaire réciproque de A par rap-

port au complexe; par

$$\Delta = \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal du réseau A; par a, b, m, n les rotations de ce déterminant. Tous les réseaux qui ont même représentation sphérique que A ont pour polaire réciproque des réseaux qui ont la même projection horizontale. Ceci est évident géométriquement, car les plans tangents à tous ces réseaux (A) sont parallèles; les pôles de ces plans tangents sont sur une même verticale.

Il est facile de vérifier analytiquement ce résultat et de le compléter. Le plan polaire du point B a pour équation

$$y_1 Y_2 - y_2 Y_1 + R(Y_3 - y_3) = 0.$$

En écrivant qu'il contient les tangentes du réseau (A), on obtient les conditions

$$(2) \qquad \begin{cases} -y_2\beta_1 + y_1\beta_2 + R\beta_3 = 0, \\ -y_2\gamma_1 + y_1\gamma_2 + R\gamma_3 = 0, \end{cases}$$

d'où l'on tire

$$(3) \qquad y_1 = R\frac{\alpha_2}{\alpha_3}, \qquad y_2 = -R\frac{\alpha_1}{\alpha_3}.$$

On voit bien que y_1 et y_2 ne dépendent que de la représentation sphérique du réseau A. Cela posé, de Δ je puis déduire un autre déterminant orthogonal Δ' :

$$\Delta' = \begin{vmatrix} \alpha'_1 & \alpha'_2 & \alpha'_3 \\ \beta'_1 & \beta'_2 & \beta'_3 \\ \gamma'_1 & \gamma'_2 & \gamma'_3 \end{vmatrix},$$

ayant pour rotations a', b', m', n', en posant

$$(4) \qquad \alpha'_1 = i\frac{\alpha_2}{\alpha_3}, \qquad \alpha'_2 = -i\frac{\alpha_1}{\alpha_3}, \qquad \alpha'_3 = \frac{1}{\alpha_3},$$

on trouve facilement

$$(5) \qquad a' = \frac{ia}{\alpha_3}, \qquad b' = \frac{ib}{\alpha_3}.$$

En différentiant les équations (4) on obtient

$$(6) \qquad \beta'_1 = -\frac{\gamma_1}{\alpha_3}, \qquad \beta'_2 = -\frac{\gamma_2}{\alpha_3}, \qquad \beta'_3 = \frac{i\beta_3}{\alpha_3},$$

$$(7) \qquad \gamma'_1 = \frac{\beta_1}{\alpha_3}, \qquad \beta'_2 = \frac{\beta_2}{\alpha_3}, \qquad \gamma'_3 = \frac{i\gamma_3}{\alpha_3}.$$

On voit que le réseau B a la même projection horizontale que le réseau (M) décrit par le point

$$-iR\alpha'_1, \quad -iR\alpha'_2, \quad -iR\alpha'_3.$$

Ce réseau (M) est situé sur une sphère de rayon iR ayant son centre sur l'axe du complexe; donc :

Tous les réseaux O, *qui ont la même représentation sphérique, se transforment en réseaux dont la projection horizontale est la même que celle d'un réseau* (M) *tracé sur une sphère* Σ *de rayon* iR *ayant son centre sur l'axe du complexe.*

Réciproquement, *tout réseau dont la projection horizontale est la même que celle du réseau* M *se transforme en un réseau* O *ayant la représentation sphérique donnée.*

En particulier, la sphère Σ se transforme en elle-même; car un système de génératrices rectilignes de cette sphère appartient au complexe.

Je vais chercher maintenant si le réseau B peut être lui-même un réseau O. Les réseaux B et M sont des réseaux O qui ont la même projection horizontale. On est ramené à un problème que j'ai traité. *Sur les systèmes de deux surfaces dont les lignes de courbure se projettent sur un plan suivant les mêmes courbes* ([1]).

Je vais indiquer une propriété des rayons de courbure des surfaces (A) et (B) qui se correspondent de la façon indiquée. Je désigne par

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \alpha_1^1 & \alpha_2^1 & \alpha_3^1 \\ \beta_1^1 & \beta_2^1 & \beta_3^1 \\ \gamma_1^1 & \gamma_2^1 & \gamma_3^1 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal du réseau (B); par a_1, b_1, m_1, n_1 ses rotations. Puisque les réseaux (B) et (M) ont même projection horizontale, on aura ([2])

$$(8) \qquad \begin{cases} \beta_1^1 = \dfrac{1}{U}\beta'_1, & \beta_2^1 = \dfrac{1}{U}\beta'_2, \\ \gamma_1^1 = \dfrac{1}{V}\gamma'_1, & \gamma_2^1 = \dfrac{1}{V}\gamma'_2, \end{cases}$$

d'où l'on déduit

$$(9) \qquad \alpha_3^1 = \frac{1}{UV}\alpha'_3 = \frac{1}{UV\alpha_3}.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 138, 1904, p. 258.
([2]) *Loc. cit.*

On aura, pour la surface (A),

$$x_1 = R\frac{\alpha_2^1}{\alpha_3^1}, \qquad x_2 = -R\frac{\alpha_1^1}{\alpha_3^1}. \tag{10}$$

En différentiant les formules (3) et (10), on aura, en tenant compte des formules (6), (7) et (8),

$$\frac{\partial x_1}{\partial u} = -\frac{Ra_1\gamma_1^1}{(\alpha_3^1)^2} = -\frac{Ra_1 U}{\alpha_3^1}\beta_1,$$
$$\frac{\partial x_1}{\partial v} = +\frac{Rb_1\beta_1^1}{(\alpha_3^1)^2} = -\frac{Rb_1 V}{\alpha_3^1}\gamma_1,$$
$$\frac{\partial y_1}{\partial u} = -\frac{Ra\gamma_1}{\alpha_3^2} = \frac{RaU}{\alpha_3}\beta_1^1,$$
$$\frac{\partial y_1}{\partial v} = \frac{Rb\beta_1}{\alpha_3^2} = \frac{RbV}{\alpha_3}\gamma_1^1.$$

Si donc on désigne par ρ_1 et ρ_2 les rayons de courbure de A; par ρ_1^1, ρ_2^1 ceux de B, on aura

$$\rho_1 = \frac{Ra_1 U}{\alpha_3^1 a}, \qquad \rho_2 = \frac{Rb_1 V}{\alpha_3^1 b},$$
$$\rho_1^1 = -\frac{RaU}{\alpha_3 a_1}, \qquad \rho_2^1 = -\frac{RbV}{\alpha_3 b_1}.$$

On en déduit

$$\rho_1\rho_1^1 = -R^2U^3V, \qquad \rho_2\rho_2^1 = -R^2UV^3.$$

On voit que le rapport

$$\frac{\rho_1\rho_1^1}{(\rho_2\rho_2^1)^3}$$

reste fixe quand on se déplace sur une ligne de première courbure.

M. G. **Mittag-Leffler** fait hommage du *Discours d'ouverture* qu'il a prononcé au *Quatrième Congrès des Mathématiciens scandinaves*, à Stockholm en 1916.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Hygiène, de l'Assistance et de la Prévoyance sociales** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui, aux termes du Décret du 12 mai 1920, doit faire partie de la Commission de répartition des fonds du Pari mutuel destinés aux œuvres de bienfaisance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les familles de fonctions de plusieurs variables.* Note de M. GASTON JULIA.

I. J'ai montré précédemment que, si des fonctions $f(x,y)$, holomorphes dans un volume V ([1]) de l'espace à quatre dimensions $x = x_1 + ix_2$, $y = y_1 + iy_2$, formaient une famille normale au voisinage d'un point P (intérieur à V) sur une surface caractéristique Σ passant par P, la famille cessant d'être normale en P, il fallait que toute suite infinie convergente de fonctions f_n convergeât vers l'infini au voisinage de P, le point P étant, par contre, limite de points où $f_n(x, y) = 0$. Les points P de V où la famille des f_n cesse d'être normale apparaissent ainsi comme les *points limites* de l'ensemble des continus $f(x, y) = 0$. On va démontrer la réciproque en quelque sorte de cette propriété.

Les $f_n(x, y)$ étant une suite infinie de fonctions $f(x, y)$, holomorphes dans V *et telles que les continus $f_n(x, y) = 0$ aient une infinité de points limites* P *intérieurs à* V (*et formant un continu*), *on va former une famille de fonctions $\varphi_n(x, y)$ holomorphes dans* V, *ayant mêmes zéros que les f_n, et qui ne cesse d'être normale dans* V *qu'aux points* P, *limites d'une infinité de continus $f_n(x, y) = 0$.*

Le point (x, y) décrivant le continu $f_n(x, y) = 0$, on peut choisir r_n assez petit pour que l'hypersphère $|X - x|^2 + |Y - y|^2 = r_n^2$ ne balaie pas tout le volume V. D'une façon précise, on peut choisir r_n assez petit pour que l'espace $\mathcal{V}_n$ (intérieur à V), balayé par l'hypersphère précédente ait un volume $\mathcal{V}_n$ inférieur à tel nombre positif ε_n que l'on voudra. (On prendra pour ε_n une suite déterminée de nombres positifs décroissant constamment vers zéro, les r_n correspondants tendront aussi vers zéro.) En tout point de V extérieur au volume $\mathcal{V}_n$ balayé par l'hypersphère précédente ou situé sur la frontière de ce volume, on a $|f_n(x, y)| > a_n$, puisque l'espace considéré ici est fermé, et ne contient pas de zéro de $f_n(x, y)$.

Il suffit maintenant de considérer la famille des fonctions

$$\varphi_n(x, y) = \frac{n f_n(x, y)}{a_n}.$$

Ces fonctions *ont les mêmes zéros que les $f_n(x, y)$. Les seuls points où elles ne*

([1]) On peut, sans restreindre la généralité, supposer que les f sont holomorphes aussi sur la frontière de V.

forment pas une famille normale sont les points limites des continus $f_n(x,y)=0$. Car :

1° Tout point Q, non limite pour les continus $f_n(x, y) = 0$ est pour $n > n_0$, extérieur à tous les volumes $\mathcal{V}_n$; on a donc, pour $n > n_0$, $|\varphi_n(x, y)| > n$ au point Q. Les φ_n convergent uniformément vers l'infini au voisinage de Q.

2° Tout point P, qui est limite pour les continus $f_{n_p} = 0$, est aussi limite de points extérieurs aux volumes $\mathcal{V}_{n_p}$ (¹). Si, autour de P, la famille des φ_{n_p} était uniformément convergente, la limite devrait être nulle en P et par conséquent inférieure à ε au voisinage de P, ce que contredit l'existence, dans tout voisinage de P, d'une infinité de points extérieurs à $\mathcal{V}_{n_p}$ où $|\varphi_{n_p}| > n_p$.

Cette propriété des points limites des continus $f_n = 0$ a diverses applications : je n'en donnerai aujourd'hui qu'une qui compte parmi les plus importantes.

II. Ceci étant acquis, si l'on a une hypersurface S, $\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2) = 0$ satisfaisant dans V à l'équation aux dérivées partielles $\mathcal{C}[\varphi] = 0$ (²), il est facile de construire une série de fonctions $x - \Phi(y, \alpha_n) - \frac{k}{n}$, α_n étant un paramètre réel, dépendant de n (Φ étant analytique en y) et jouissant de la propriété suivante :

Dans la région $\varphi > 0$, ou du moins *dans une partie* $\mathcal{R}_1$ *assez petite de cette région*, voisine d'un point P de S, tous les continus

$$x - \Phi(y, \alpha_n) - \frac{K}{n} = 0$$

ont des points, et cependant les seuls points limites de ces continus dans la région $\mathcal{R}_1$ considérée sont *tous les points de* S *appartenant à la frontière de* $\mathcal{R}_1$. Les fonctions

$$f_n(x, y) = \lambda_n \left[x - \Phi(y, \alpha_n) - \frac{K}{n}\right],$$

holomorphes dans $\mathcal{R}_1$ et un peu au delà, formeront, par un choix judicieux des constantes λ_n, une famille normale dans $\mathcal{R}_1$, qui cessera d'être normale en tout point de S appartenant à la frontière de $\mathcal{R}_1$.

En considérant la région opposée $\mathcal{R}_2$, définie par $\varphi < 0$, et toujours en se

---

(¹) Puisque le volume de $\mathcal{V}_{n_p}$ tend vers zéro.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1042.

restreignant au voisinage d'un point P de S, on formera la famille des

$$F_n(x, y) = \mu_n \left[x - \Phi(y, \alpha_n) + \frac{K}{n} \right]$$

obtenue en changeant $\frac{1}{n}$ en $-\frac{1}{n}$ dans l'équation des $f_n(x, y)$ précédentes. La famille des F_n sera normale dans $\mathfrak{R}_2$ pour un choix convenable des constantes μ_n et cessera d'être normale en tout point de S appartenant à la frontière de $\mathfrak{R}_2$.

Si la fonction φ qui définit l'hypersurface S satisfait simplement à l'inégalité $\mathcal{E}[\varphi] < 0$, on pourra trouver une suite de continus caractéristiques

$$\varphi_n(x, y) = x - \xi_n - \left[\frac{1}{n} + a_n(y - \eta_n) + b_n(y - \eta_n)^2 \right] = 0,$$

traversant tous la région $\mathfrak{R}$ où $\varphi > 0$, suffisamment voisine d'un point déterminé P de la surface S, ayant pour points limites tous les points de la surface S qui sont points frontières de $\mathfrak{R}$, mais aucun point limite intérieur à $\mathfrak{R}$. En sorte que les $f_n(x, y) = \lambda_n \varphi_n(x, y)$ constitueront, par un choix convenable des constantes λ_n, une famille de fonctions holomorphes dans $\mathfrak{R}$ et au delà, normale dans R, et cessant d'être normale en tout point de S frontière de $\mathfrak{R}$, où $\varphi = 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles et les systèmes de formes algébriques.* Note de M. **Maurice Janet**, présentée par M. E. Goursat.

Dans une Note précédente [1], nous avons mis en évidence la notion de système *complet* de monomes et son utilité dans l'étude générale des systèmes d'équations aux dérivées partielles. Nous nous proposons d'indiquer une notion voisine et quelques-unes de ses applications; nous obtiendrons en particulier une proposition algébrique qui précise la théorie des formes de M. Hilbert.

1. Soit (M) un système complet; soient (P) ceux des monomes, provenant des (M), dont le degré ne dépasse pas un nombre déterminé p, supérieur ou égal au degré maximum des (M). Pour les monomes d'un

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1101.

système tel que (P), nous attribuons aux mots « variables multiplicatrices » un sens nouveau : pour un P de degré inférieur à p, *aucune* variable n'est *multiplicatrice ;* soient $(\overline{\mathrm{P}})$ les monomes d'ordre p qui proviennent d'un $\overline{\mathrm{M}}$ déterminé [dont les variables multiplicatrices (ancien sens) sont $x_{a_1}, x_{a_2}, \ldots, x_{a_h}$; $a_1 < a_2 < \ldots < a_h$] ; on appellera *variables multiplicatrices* d'un monome $\overline{\mathrm{P}}$ particulier, $\overline{\overline{\mathrm{P}}}$, celles des variables $x_{a_1}, x_{a_2}, \ldots, x_{a_h}$ qui sont multiplicatrices (ancien sens) pour $\frac{\overline{\overline{\mathrm{P}}}}{\overline{\mathrm{M}}}$ dans le système $\left(\frac{\overline{\mathrm{P}}}{\overline{\mathrm{M}}}\right)$ aux seules variables $x_{a_1}, x_{a_2}, \ldots, x_{a_h}$. On dira qu'un monome provient de P s'il est le produit de P par un monome ne contenant que des variables multiplicatrices de P (nouveau sens).

Tout multiple d'un (M) *provient d'un* (P) *et d'un seul.*

Soient deux monomes P de degré p, P_1, P_2 ; s'ils proviennent de deux monomes différents M_1, M_2, P_1 sera dit plus haut ou plus bas que P_2 suivant que M_1 est plus haut ou plus bas que M_2. S'ils proviennent du même monome M, $\mathrm{P}_1 = \mu_1 \mathrm{M}$, $\mathrm{P}_2 = \mu_2 \mathrm{M}$, P_1 sera dit plus haut ou plus bas que P_2 suivant que μ_1 est plus haut ou plus bas que μ_2 (variables $x_{a_1}, x_{a_2}, \ldots, x_{a_h}$).

Le produit d'un P *de degré p par une de ses variables non multiplicatrices est égal au produit d'un* $\overline{\mathrm{P}}$ *plus haut que* P *par une des variables multiplicatrices de* $\overline{\mathrm{P}}$.

D'ailleurs, le produit d'un P de degré $p_1 < p$ par une variable x_i quelconque est égal à un $\overline{\mathrm{P}}$ d'ordre $p_1 + 1$.

Les *systèmes* (P) possèdent donc des propriétés qui les rapprochent des *systèmes complets.*

2. Soit un système d'équations aux dérivées partielles (S) telles que :

1° Les premiers membres soient des dérivées toutes différentes d'une ou plusieurs fonctions inconnues ;

2° Chaque équation ne renferme dans son second que des quantités antérieures au premier membre ([1]).

Soient A un système d'équations obtenu en adjoignant aux S un certain nombre de leurs dérivées de manière que les premiers membres relatifs à chaque inconnue forment un système complet ; p_0 la cote première maxima de ces premiers membres ; p un entier supérieur ou égal à p_0.

([1]) Voir Note précitée.

Considérons les équations (B), de cote première au plus égale à p, obtenues en dérivant les A par rapport à leurs seules variables multiplicatrices (sens ancien). Les premiers membres relatifs à une même inconnue forment un système (P). Appelons *variables multiplicatrices* d'une équation B les variables multiplicatrices (sens nouveau) de son premier membre, équation $\mathfrak{B}$ une équation obtenue en dérivant B par rapport à ses seules variables multiplicatrices.

Formons la dérivée $\frac{\partial B}{\partial x_i}$ d'une équation B quelconque par rapport à une quelconque de ses variables non multiplicatrices; et la différence Δ entre $\frac{\partial B}{\partial x_i}$ et l'équation $\overline{\mathfrak{B}}$ qui a même premier membre.

Pour que S *soit complètement intégrable, il faut et il suffit que chaque équation* Δ *soit conséquence algébrique des équations* $\mathfrak{B}$ *de classe inférieure à la classe commune des* $\frac{\partial B}{\partial x_i}$, $\overline{\mathfrak{B}}$ *qui ont servi à la former* (conditions C). Ces conditions sont toutes *du premier ordre* par rapport aux B.

3. Supposons (S) linéaire et complètement intégrable. Désignons par « expression B » l'expression obtenue en retranchant le second membre de l'équation B du premier. Les conditions (C) constituent un système linéaire d'équations aux dérivées partielles *du premier ordre* auxquelles satisfont identiquement les expressions B; faisons abstraction de la signification des B, que nous considérons maintenant comme autant de fonctions inconnues, et considérons les $\frac{\partial B}{\partial x_i}$ comme les « premiers membres ».

Le système S_2 obtenu satisfait aux conditions 1°, 2°, est complètement intégrable et du premier ordre. Si l'on forme les conditions d'intégrabilité, comme il est indiqué dans la Note précédente, et si l'on répète l'opération, on obtient une chaîne de systèmes S_2, S_3, ..., S_k, tous *du premier ordre.* (Le dernier indice est d'ailleurs au plus égal à $n+1$.)

4. Considérons un module [1] quelconque de formes algébriques, il est évident que toutes les formes d'ordre p du module sont des combinaisons linéaires à coefficients constants d'un certain nombre d'entre elles, linéairement indépendantes, F_1, F_2, ..., $F_{m^{(1)}}$.

On peut déduire des résultats indiqués au paragraphe 3 la consé-

---

[1] Cf. Hilbert, *Math. Annalen*, t. 36, 1890.

quence suivante, qui complète la théorie des formes algébriques de M. Hilbert :

« *Si p est assez grand :*

1° Tout système de formes $X_1, X_2, \ldots, X_{m^{(1)}}$, solution de l'équation

$$X_1 F_1 + X_2 F_2 + \ldots + X_{m^{(1)}} F_{m^{(1)}} = 0,$$

est combinaison de $m^{(2)}$ solutions indépendantes, dont chacune est constituée par des *formes linéaires*

$$F^{(1)}_{1s}, \quad F^{(1)}_{2s}, \quad \ldots, \quad F^{(1)}_{m^{(1)}s} \qquad [s = 1, 2, \ldots, m^{(2)}];$$

2° Tout système de formes $X^{(1)}_1 X^{(1)}_2 \ldots X^{(1)}_{m^{(2)}}$, solution du système

$$X^{(1)}_1 F^{(1)}_{t1} + X^{(1)}_2 F^{(1)}_{t2} + \ldots + X^{(1)}_{m^{(2)}} F^{(1)}_{tm^{(2)}} = 0 \qquad [t = 1, 2, \ldots, m^{(1)}],$$

est combinaison de $m^{(3)}$ solutions indépendantes, dont chacune est constituée par des *formes linéaires*

$$F^{(2)}_{1s}, \quad F^{(2)}_{2s}, \quad \ldots, \quad F^{(2)}_{m^{(2)}s} \qquad [s = 1, 2, \ldots, m^{(3)}];$$

3° Tout système de formes $X^{(2)}_1, X^{(2)}_2, \ldots, X^{(2)}_{m^{(3)}}$, solution du système

$$X^{(2)}_1 F^{(2)}_{t1} + X^{(2)}_2 F^{(2)}_{t2} + \ldots + X^{(2)}_{m^{(3)}} F^{(2)}_{tm^{(3)}} \qquad [t = 1, 2, \ldots, m^{(2)}],$$

est combinaison de $m^{(4)}$ solutions indépendantes, dont chacune est constituée par des *formes linéaires*, etc. »

OPTIQUE. — *La relativité réelle de l'énergie des éléments de radiation et le mouvement dans l'Ether des ondes.* Note [1] de M. G. **Sagnac**, présentée par M. Lippmann.

L'entraînement de l'énergie totale. — La relativité newtonienne de la mécanique classique de la matière s'étend à l'énergie radiante que nous voyons, dans l'expérience d'interférence de A.-A. Michelson et Morley invariablement distribuée dans l'espace solide de référence S_u de la source radiante, emportée dans la translation de la Terre; le vent d'éther ondulatoire respecte la distribution relative de l'énergie de radiation qui demeure semblable à celle de la matière solide de l'espace S_u; les franges lumineuses

(1) Séance du 17 mai 1920.

demeurent exactement aux mêmes divisions des règles solides quelle que soit l'orientation du système S.

Dans la théorie de Lorentz, cette similitude de la matière et de la radiation n'est pas une loi d'invariabilité absolue, et les divisions des règles, ainsi que celles des franges qui leur sont liées, sont supposées altérées par le vent d'éther; toute abscisse parallèle à la translation et renfermant x divisions est supposée contractée de sorte que le nombre x de divisions est une mesure dilatée de la longueur réelle x', réduite à $x\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$.

La relativité newtonienne réelle maintient l'invariabilité du solide et considère un entraînement réel et simultané de la matière et de la radiation sans aucune altération. Elle étend cette loi d'entraînement réel aux éléments d'énergie radiante; l'énergie totale d'un train n'est plus propagée dans l'éther avec la vitesse constante de la théorie de Lorentz. Elle est réellement propagée dans le système de référence S_u avec une vitesse constante C comme le serait une projection de matière par la source.

L'apparence et la réalité du temps. — Les oscillations des horloges retardent d'après la théorie de Lorentz et leur fréquence est supposée réduite par le vent d'éther, comme la fréquence des vibrations des centres élémentaires de radiation, dans le rapport $\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}$. Le retard que le vent d'éther devrait imprimer aux ondes et aussi à l'énergie se trouve alors exactement compensé par la différence locale des heures des horloges déplacées lentement après réglage au même point et amenées aux divers points de S_u.

La relativité réelle accuse la relativité de Lorentz d'avoir abandonné la réalité pour l'apparence.

Elle propose de révéler la différence réelle des deux relativités en faisant sortir l'observateur du système S_u pour le soustraire à l'illusion du retard des horloges. Alors la vitesse des ondes, que la théorie de Lorentz suppose indépendante rigoureusement de la vitesse de la source, ne pourra créer une vitesse différente pour l'énergie totale de radiation; les éclairs ne seront pas projetés et conserveront une vitesse égale à celle des ondes.

Au contraire, la relativité réelle prévoit la loi de projection. Cette expérience vraiment cruciale est possible à l'extérieur d'un tube à rayons positifs, en interrompant le flux de lumière par la méthode du miroir tournant.

On voit que cette relativité réelle fournit seule les moyens de distinguer

la réalité de l'apparence par la recherche d'un effet positif qui peut contrôler directement cette théorie même.

La circulation de l'éther révélée par les interférences. — Si l'on maintient le récepteur enregistreur ou l'observateur enfermé dans le champ S_u en *mouvement d'ensemble*, il est possible de constater nettement par l'expérience que la relativité de l'énergie est en défaut si l'on remplace la translation par une rotation uniforme du système S.

La méthode des interférences triomphe ici complètement en révélant directement le *vent relatif d'éther* qui circule dans l'appareil et retarde les ondes propagées dans le sens de la rotation mécanique sur le contour d'un circuit optique, pendant qu'il avance les ondes propagées en sens opposé sur le même circuit. La rotation mécanique emporte tout le système optique avec la source et le récepteur photographique.

Il suffit de renverser le sens de rotation et de faire une nouvelle pose avec la même vitesse angulaire pour obtenir sur la même plaque deux épreuves juxtaposées qui montrent un décalage entre les positions de leurs franges déplacées en sens inverses par le vent d'éther.

La méthode de bascule du réglage produit le changement de sens (1) du déplacement des franges d'interférence sans changer le sens de rotation mécanique.

Ce résultat, prévu par une théorie évidente, achève de confirmer la réalité du retard des ondes qui se représente par la somme des retards élémentaires $\frac{vl}{c\lambda}$ produits sur les divers éléments rectilignes l du circuit, v étant la composante radiale de la vitesse mécanique du trajet optique l lié au système matériel du plateau tournant.

Les ondes ellipsoïdales réelles de l'éther mécanique. — Cette loi du retard élémentaire est prévue par la relativité réelle de l'énergie qui donne dans un système en translation la même loi *sous forme rigoureuse* $\frac{vl}{c\lambda}$ ou $\frac{ux}{c\lambda}$. Cet effet du vent d'éther s'élimine dans l'interférence parce qu'il a le *même sens* pour les deux ondes et la même grandeur exacte dans tout le système où les vitesses u de tous les points sont identiques et de même direction.

La vitesse u étant supposée inférieure à C, chaque onde est un ellipsoïde

---

(1) *Journ. de Phys.*, mars 1914.

de révolution autour de l'axe de translation et a son foyer antérieur exactement sur le centre radiant élémentaire au même instant. Par rapport à la sphère de rayon C, il y a, sur l'axe une dilatation relative de $\frac{u^2}{2C^2}$. La théorie de la superposition des petits mouvements que sir G. Stokes avait appliquée en mécanique à la liaison des ondes et de l'énergie, et que Gouy et lord Rayleigh avaient étendue à l'optique des milieux dispersifs, s'applique maintenant sous une forme nouvelle au problème, jusqu'ici demeuré obscur, de la liaison de l'éther des ondes et de la relativité newtonienne de l'énergie dans le champ S_u de la source.

La liaison ainsi établie est une loi de moyenne, révélée par les petites différences de vitesse. C'est cette loi que la géométrie des théories de relativité générale ignore et qui s'y réduit au cas singulier d'une identité.

Les surfaces d'énergie réelle sont ainsi des sphères concentriques à s et entraînées avec s, pendant que les ondes emportées par le vent d'éther se déplacent dans le train de radiation avec une vitesse de sens opposé, égale à la vitesse radiale v de la source dans le système de référence universel. Ce système est défini par l'ensemble des champs où les ondes, devenues isotropes par hypothèse, se confondent avec les sphères d'énergie, cas singulier dans la nouvelle mécanique et point de contact avec les lois lorentziennes.

En ramenant la réalité visible de l'anisotropie variable des ondes, la mécanique classique établit la réalité d'un Ether mécanique. En même temps elle confirme la réalité des invariants newtoniens, les lois de la matière et de l'énergie totale, et du mouvement *relatif* de ces deux objets fondamentaux et liés directement observables.

SPECTROSCOPIE. — *Spectrophotométrie ultraviolette des phénols nitrés* (¹), par M. **Fred Vlès** (²). (Extrait d'un pli cacheté déposé le 21 janvier 1918 et ouvert dans la séance du 9 avril 1920).

Constitution des spectres des phénols nitrés. — Au cours de recherches spectrophotométriques ultraviolettes sur les phénols nitrés, dans

(¹) Ces recherches ont été faites à l'occasion des études sur la toxicité des explosifs poursuivies, à la demande du Service des Poudres, par le Laboratoire de Physiologie dirigé par M. A. Mayer. Les corps purs sur lesquels l'examen a porté ont été préparés par le Service des Poudres et par MM. Blaise, Freundler, Marquis. Des travaux d'ensemble seront ultérieurement publiés.

(²) Séance du 3 mai 1920.

lesquelles nous avons eu l'occasion d'examiner des séries d'isomères de cette famille (3 mononitrophénols; 4 aminonitrophénols; 6 dinitrophénols; un chloronitrophénol; un acide picramique; un trinitrophénol; un uramidonitrophénol), nous avons pu mettre en évidence que le spectre de ces corps est constitué d'une manière générale, dans la région spectrale étudiée (λ 250$^{m\mu}$ jusqu'au spectre visible), de trois éléments : 1° Une bande N absolument constante, due à l'absorption des groupements NO^2, dérivant de celle que l'on connaît dans NO^3H et les azotates métalliques; cette bande paraît elle-même formée de deux composantes plus ou moins fusionnées et d'importance inégale : la composante I (la moins réfrangible) est la plus importante dans la plupart de ces corps; inversement la composante II forme le sommet de la bande dans les mononitrophénols, et dans les dinitrophénols à NO^2 symétriques (2-6, 3-5). Il est à remarquer que la bande N de l'acide azotique paraît elle-même formée de deux composantes analogues. 2° Une bande φ (quelquefois incertaine parce qu'elle peut-être partiellement englobée par une des bandes voisines) supportée par le radical phénolique (bande de l'acide phénique, dérivant probablement elle-même d'une bande du noyau benzénique). 3° Une bande ψ, inférieure à la région étudiée, où n'apparaît que sa limite, et dont l'origine est par conséquent problématique.

Position des axes des bandes. — Dans le plan $\lambda = f(M)$ (λ étant la longueur d'onde de l'axe; M le poids moléculaire du composé) les axes des composantes homologues pour les phénols purement nitrés, se groupent autour de trois courbes $M = e^{z\lambda}$ dont chacune correspond à la prédominance d'une des positions stéréochimiques fondamentales (ortho, méta, para) des NO^2, et qui convergent vers la composante correspondante de l'acide azotique; on peut mettre cette répartition des sommets sous la forme générale $M = e^{(z_0+\alpha)\lambda}$; si z_0 *est la valeur donnée par l'acide azotique* ($M = e^{z_0\lambda_0}$, $M_0 = 63$, $\lambda_0 = 300^{m\mu}$), le terme correctif α est sensiblement nul dans les termes principaux de *la série para*. Pour les autres corps cette correction paraît fonction, outre de la position stéréochimique des groupements, de leur nature, et du coefficient d'absorption de la composante (les corps à fortes corrections ont le plus souvent un faible coefficient d'absorption) ([1]).

([1]) Il ne s'agit dans cette Note *que des phénols*, et les phénates ont été complètement laissés à l'écart.

Écart des bandes N et φ. — D'autre part, l'écart des bandes N et φ $\left(\text{exprimé au moyen du rapport de leurs axes } \gamma = \frac{\lambda_N}{\lambda_\varphi}\right)$ paraît suivre une loi exponentielle analogue : $M = e^{y\gamma}$ où le coefficient y, comme le coefficient z précédent, peut être décomposé en deux termes $(y_0 + \beta)$; y_0 est (avec un très faible écart de l'ordre des erreurs expérimentales) la valeur tirée de $M_0 = e^{y_0\gamma_0}$ si l'on prend pour M_0 le poids moléculaire de l'acide azotique (ou de NO^2?) et pour γ_0 l'écart $\frac{\lambda_{N_0}}{\lambda_{\varphi_0}}$ *entre les axes des bandes des corps composants isolés*, acide azotique d'une part, acide phénique de l'autre; β est une correction analogue à la correction α précédente.

Caractéristiques du spectre composé en longueur d'onde. — On peut donc tirer la position de la bande φ :

$$\lambda_\varphi = \frac{y_0 + \beta}{z_0 + \alpha} = \frac{\lambda_{\varphi_0} \operatorname{Lg} M_0 + \beta\lambda_{N_0}}{\operatorname{Lg} M_0 + \alpha\lambda_{N_0}}$$

(M_0, λ_{N_0} se rapportant à l'acide azotique, λ_{φ_0} à l'acide phénique).

La constitution en longueurs d'onde du spectre du composé serait donc donnée par des caractéristiques des composants isolés (axes de leurs bandes, poids moléculaire de l'un d'eux, vraisemblablement le plus important au point de vue absorption) *légèrement modifiées par des coefficients qui dépendent surtout des propriétés stéréochimiques*, et qui peuvent d'ailleurs être nuls.

Coefficients d'absorption. — Dans le plan $K = f(M)$ (K étant le coefficient d'absorption défini par $I = I_0 . 10^{-KCl}$ de l'axe de la composante), les relations semblent être de la forme $K = \varepsilon M^2 + \eta$ partant de l'acide azotique dans trois directions fondamentales, l'une ortho, l'autre méta, la troisième para. Mais, la série para présente ici plusieurs points assez aberrants, dont la régularisation devra être élucidée. Un phénomène équivalent et une formule analogue, avec des réserves de correction pareilles pour la série *p*, sont données par le rapport $\frac{K_N}{K_\varphi} = \rho$ des bandes N (composante I) et φ : $\rho = \zeta M^2 + \theta$. Le point ρ_0 où convergent les trois droites ρ, pour M_0 donné par l'acide azotique, serait représenté par *le rapport de l'acide azotique à l'acide phénique isolés*. La complexité des relations de K, fonction implicite non seulement du poids moléculaire, mais des caractéristiques stéréochimiques et même de la position en λ de la bande qu'il représente, peut être montrée par l'observation d'une relation compensatrice unissant, dans les

isomères, les longueurs d'onde et les coefficients d'absorption des axes des bandes : Si l'on série sur trois lignes superposées, par ordre de grandeurs croissantes ou décroissantes, d'une part, les longueurs d'onde des axes de toutes les bandes N (composante correspondante) de la famille d'isomères, d'autre part, les coefficients d'absorption K_N de toutes ces bandes N, enfin les coefficients K_φ de toutes les bandes φ, on forme une figure analogue à un déterminant, dont les diagonales, ou les parallèles à une diagonale, représenteraient les propriétés d'un corps de la famille.

Exemple : famille des mononitrophénols (composante II de N) :

$\lambda_{N_{II}}$	353°	320^{p}	312^{m}
$K_{N_{II}}$	$67.(10^3)$	22	19°
K_φ	${}_{m}39$	${}_{o}29$	${}_{p}18?^{p}$

On peut schématiser autrement ce phénomène en représentant les propriétés des axes des bandes par des fonctions $y = f(M, K, \lambda)$; dans ces conditions l'ensemble des fonctions y des divers corps enveloppe deux tubes représentatifs, l'un des propriétés de N, l'autre des propriétés de φ : pour passer d'un isomère à l'autre il faut faire, sur la surface des tubes N et φ, des déplacements énantiomorphes (phénols purement nitrés) ou congruents (introduction de NH^2). Il est curieux de noter que les propriétés toxiques de ces substances (formation de méthémoglobine) seraient localisées sur certaines faces de ces tubes.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure fine des spectres de rayons X.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

On sait que, dans les spectres de rayons X, les particularités notées dans le spectre d'un élément ont un intérêt général parce que les spectres de tous les éléments sont construits sur le même type. D'autre part, des théories déjà avancées, comme celle de Sommerfeld, donnent une interprétation des différences de fréquence entre les raies d'un même spectre et permettent de prévoir une structure fine de certaines raies.

Il faut souvent un fort pouvoir séparateur pour observer cette structure fine; j'ai signalé récemment [1] que la raie du spectre K du tungstène était

---

(1) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 1053.

un doublet serré pour lequel $\Delta\lambda$ avait pour valeur environ 0,0007 unité Ångström.

Le tungstène a pour nombre atomique 74, il était intéressant de rechercher le même phénomène avec un élément de nombre atomique notablement différent, comme, par exemple le rhodium, dont le nombre atomique est 45.

J'ai retrouvé pour ce métal le même doublet β_1, dont la composante de grande longueur d'onde est toujours la plus faible; l'écartement des deux raies, mesuré dans le second ordre, sur la plaque photographique, en employant un cristal tournant de sel gemme, atteignait $0^{mm},70$, ce qui correspondait à

$$\Delta\lambda = 0,0006 \text{ unité Angström } (^1).$$

Les différences de fréquence des doublets du tungstène et du rhodium, soit $20,1.10^5$ pour le tungstène et $2,05.10^5$ pour le rhodium, présentent un rapport assez voisin du rapport des quatrièmes puissances de l'expression $(N - 3,5)$ pour ces éléments, quoique un peu plus élevé.

PHYSIQUE. — *Phénomènes d'antagonisme entre diverses radiations (ultraviolet, spectre visible, infra-rouge).* Note de M. **J.-L. Pech**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Il est possible de vérifier par les expériences ci-après, que certains effets obtenus en faisant agir un faisceau lumineux riche en rayons ultraviolets sur un équilibre physico-chimique, sont plus difficilement observables si la proportion de radiations visibles ou infra-rouges agissant simultanément est augmentée.

Expérience I. — Un échantillon de coton brut, filé ou tissé, blanchit si, constamment mouillé, on l'expose dans une chambre noire durant un temps suffisant, aux seuls rayons émanant directement d'un arc éclatant dans des vapeurs de mercure enfermées dans une enveloppe en quartz.

Le temps nécessaire à la production du phénomène peut être doublé si l'on place autour de l'arc des surfaces réfléchissant sur le coton en expérience les radiations visibles émises par la lampe. Bien entendu, le corps en expé-

(1) A 2 pour 100 près.

rience reçoit cependant les rayons émis directement par la lampe en quartz dans les mêmes conditions que précédemment.

On peut empêcher le blanchiment de se produire en faisant agir en plus, sur le coton en expérience, un faisceau lumineux riche en infra-rouge : lumière solaire ou lumière d'un arc électrique ordinaire filtrée à travers un écran en verre.

Expérience II. — Au moyen d'une lampe à arc éclatant dans des vapeurs de mercure enfermées dans une enveloppe en quartz, on peut arriver à déterminer, en 5 minutes, un érythème sur la peau d'un animal, l'expérience ayant lieu en chambre noire et la peau ne recevant que le faisceau direct émis par l'arc.

Toutes conditions égales d'ailleurs et pour le même animal, il est nécessaire, pour obtenir le même degré d'érythème, de faire agir ce même faisceau 7 minutes, si on lui ajoute un faisceau de lumière visible suffisamment puissant et 10 minutes si l'on ajoute un assez riche faisceau d'infra-rouge.

Ces phénomènes sont d'un ordre de grandeur suffisamment élevé pour que les variations d'éclairement d'un laboratoire aux diverses heures de la journée fassent varier les temps nécessaires pour la production de certaines modifications d'équilibres physico-chimiques sous l'action de radiations ultraviolettes, toutes conditions égales d'ailleurs.

Je rappellerai que les phénomènes d'antagonisme entre les rayons ultraviolets et infra-rouges ont été démontrés au moyen du soufflage par l'infrarouge de la phosphorescence développée par l'ultraviolet dans certains échantillons de sulfure de zinc, phénomène observé par Ed. Becquerel en 1872.

En étudiant ce phénomène, on constate que l'adjonction de radiations visibles, de plus courte longueur d'onde que l'orangé, au faisceau excitateur riche en ultraviolet augmente son action au lieu de la diminuer comme dans les expériences précédentes. Il en est de même vis-à-vis des papiers et plaques photographiques. De plus, avec ce genre de corps sensibles, il est très difficile, sinon pratiquement impossible, de déceler une action antagoniste de l'infra-rouge à l'égard de l'ultraviolet.

De cet ensemble de constatations il paraît possible de tirer la conclusion suivante :

Considérant un faisceau de radiations capable de produire dans un équilibre physico-chimique donné des modifications, il existe, dans

certains cas, un faisceau d'autres radiations qui, ajouté au premier toutes conditions égales d'ailleurs, s'oppose à l'apparition de ces modifications. Les caractéristiques du faisceau antagoniste paraissent dépendre non seulement de celles du faisceau actif, mais encore de la nature de l'équilibre physico-chimique à modifier.

ÉLECTRICITÉ. — *Régulation des lignes de transport de force à longue distance.* Note de M. L. **Thielemans**, transmise par M. A. Blondel.

La principale utilité du diagramme tripolaire d'une ligne de transport ([1]) réside en ce qu'il permet d'étudier la régulation de la ligne dans les cas les plus variés, comme on va le voir.

Zone de fonctionnement de la charge. — Les points M seront donnés par deux éléments, généralement la puissance P_0 à l'arrivée avec le facteur de puissance $\cos\varphi_0$ correspondant. Ces éléments caractérisent la charge.

Pour un réseau à charge variable, le lieu des points M formera *une courbe* si, à chaque valeur de P_0, correspond toujours la même valeur de $\cos\varphi_0$. Sinon, on pourra délimiter une zone, dite *zone de fonctionnement de la charge*. Dans le cas d'une courbe, le relevé sur le diagramme de I_0, φ_0, V, I, P, φ et du rendement en fonction de P_0 permettra de dresser un tableau ou de tracer des caractéristiques cartésiennes.

Régulation. — L'introduction d'une self ou d'une capacité sans consommation, en dérivation à l'extrémité du réseau, ne modifie pas la puissance et déplace seulement le point M sur la droite Δ de puissance constante : vers la droite en M′ s'il s'agit d'une self; vers la gauche en M″ s'il s'agit d'une capacité ([2]).

Un moteur synchrone susceptible de jouer les deux rôles pourra donc amener les points de la *zone de fonctionnement de la charge sur une courbe dite de fonctionnement de la ligne*, si l'on fait usage d'un mode de régulation convenable.

Si l'on effectue la régulation *sous tension constante* au départ et à l'arrivée, *la courbe de fonctionnement de la ligne* sera un cercle de centre O. Un régulateur de potentiel agira au départ sur l'excitation des alternateurs.

([1]) Cf. *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1170.

([2]) Les longueurs MM′ et MM″ mesurées à l'échelle des puissances P_0 donnent la valeur de la puissance apparente absorbée par la self ou la capacité.

Un deuxième régulateur, agissant sur l'excitation des moteurs synchrones, maintiendra la tension constante à l'arrivée. Ceci est bien connu.

J'ai reconnu [1] que si l'on monte une impédance ζ (alimentée par un transformateur d'intensité) en série dans le circuit du voltmètre de départ et si, par l'action d'un régulateur, on maintient *la tension constante aux bornes du voltmètre ainsi compensé*, la courbe de fonctionnement de la ligne devient un cercle de centre différent de O.

On peut faire l'inverse : se fixer à l'avance trois points de la circonférence de fonctionnement et en déterminer le centre; la position de celui-ci dans le plan du diagramme donnera, par des calculs et des constructions simples, la valeur de g et de la tension compensée à maintenir constante [2]. Toute la régulation revient au choix de ces trois points. L'un d'eux pourra être choisi de manière qu'en sa pointe extrême, la tension au départ ne dépasse pas une valeur limite fixée à l'avance; les autres, de façon à se rapprocher le plus possible de la droite LJ des rendements maxima. La considération de la réduction au minimum de la puissance des moteurs synchrones jouera aussi un rôle non négligeable.

Une théorie analogue peut être faite si l'on veut régler à intensité constante au départ (ce qui peut être intéressant dans certains cas). Mais le réglage à intensité constante sur ampèremètre, compensé par une impédance en dérivation revient au réglage sur voltmètre compensé.

Essais. Transformateurs. — Le diagramme d'une ligne en service peut être relevé par une série d'essais (à vide, en court circuit, relevé d'un point en charge. On peut, d'autre part, tenir compte des transformateurs. Dans un avant-projet, on les assimilera à une résistance et à une self que l'on ajoutera aux éléments respectifs de la ligne.

Vérifications et remarques diverses. — 1° Le vecteur représentatif de V_0 servant à la mise en place du diagramme (et pouvant être supprimé par la suite) est bissecteur de l'angle BOO_1. On a, de plus, la relation $\overline{OB}\,\overline{OO_1} = V_0^2$.

(1) La démonstration, que je donnerai dans un Mémoire plus détaillé, repose sur la transformation par similitude.

(2) Il y a une valeur particulière de g que nous désignerons par ζ pour laquelle le réglage à tension constante se fait à l'extrémité de la ligne, sans intervention de moteurs synchrones et d'un deuxième régulateur. Dans ce cas, ζ représente l'impédance *équivalente à la ligne* (réduite par les transformateurs de mesure).

2° Dans les lignes de moyennes longueurs et sous moyen voltage (capacité négligeable), le point B se confond avec le point O_1.

3° OO_1 étant supposé fixe, la position du point B se déplace avec l'augmentation de longueur de la ligne (les autres données restant les mêmes). Ce déplacement se fait d'abord vers la gauche en B_1, puis en B_2 (ligne quart d'onde); pour de plus grandes longueurs, on revient vers la droite, en B_3 par exemple au-dessous de OO_1.

Pour une ligne demi-onde, on trouvera le point B_4. La rotation continuera avec les mêmes phases, de demi-onde en demi-onde, les positions de B n'étant plus les mêmes bien entendu.

4° Le diagramme peut s'appliquer aux lignes souterraines ainsi qu'aux transformateurs à capacité répartie.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le transport de l'énergie à grande distance.* Note de M. **P. Bunet**, présentée par M. Paul Janet.

Dans une Note parue aux *Comptes rendus* le 19 avril, M. Brylinski commence en disant que « les difficultés du transport de l'énergie électrique ont fait naître récemment l'intéressante idée d'utiliser... les propriétés de la ligne quart d'onde » se référant ainsi sans doute à l'article publié le 20 mars dans la *Revue générale de l'Électricité*, sous ma signature. Il ajoute, après avoir signalé les inconvénients de la ligne quart d'onde : « On peut se demander s'il n'y aurait pas intérêt à aller plus loin... et utiliser les propriétés de la ligne demi-onde. »

Je demande à faire observer que, dans ce même article du 20 mars, j'avais moi-même nettement signalé cet intérêt : *Ceci amène à la considération des lignes demi-onde, qui sont également intéressantes à étudier, ce que nous ferons ultérieurement. On voit immédiatement, par ce qui précède, que ces lignes... permettraient... d'obtenir une chute de tension nulle, sauf l'influence de la résistance.*

J'ai développé la même idée dans un article remis le 15 mars à la *Revue générale de l'Électricité* et inséré seulement, par suite de circonstances indépendantes de ma volonté, dans le numéro du 22 mai de cette Revue, ainsi que dans un brevet d'invention n° 124081 déposé le 5 mars et dans un certificat d'addition n° 13015 le 31 mars.

Je ne fais d'ailleurs aucune difficulté à reconnaître que, dès 1904, M. Brylinski a indiqué certaines propriétés de la ligne demi-onde et la

possibilité, déjà montrée par Vaschy, de donner ces propriétés à des lignes de longueur modérée par l'addition de bobines de réactance (*Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2e série, tome IV, p. 404, 405 et 406).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'entraînement de la chaux et de la magnésie par les précipités d'oxyde ferrique*. Note de M. **Toporescu**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Une cause d'erreur bien connue dans les dosages gravimétriques résulte de l'entraînement des sels solubles par les précipités, notamment par l'alumine et l'oxyde ferrique. Pour réduire au minimum l'importance de cette cause d'erreur, on donne dans les traités d'analyse chimique quelques règles empiriques, mais sans les appuyer sur aucun chiffre précis. Je me suis proposé d'étudier méthodiquement l'entraînement de la chaux et de la magnésie par l'oxyde de fer.

Les précipitations ont toutes été faites en ajoutant à 50cm³ de la solution saline étudiée 2cm³ d'ammoniaque concentrée.

Entraînement de la chaux. — Les résultats sont indépendants de la température de précipitation. Les chiffres donnés se rapportent à des précipitations et lavages faits à chaud.

Composition.				Composition.			
Solution.	Précipité.			Solution.	Précipité.		
$CaCl^2$ p. 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO p. 100.	$CaCl^2$ p. 100.	CaO.	Fe^2O^3.	CaO p. 100.
0,3404	g 0,0074	g 0,0361	20,3	0,1702	g 0,0075	g 0,0746	10
»	0,0101	0,0746	13,6	0,2724	0,0086	»	11,4
»	0,0148	0,1384	10,7	0,3404	0,0101	»	13,5
»	0,0186	0,2164	8,6	0,7324	0,0101	»	13,5
»	0,0213	0,2749	7,1	1,5914	0,0109	»	14

Pour une concentration fixe en oxyde de fer dans la solution, égale à 0,15 pour 100 en nombre rond, le poids de chaux entraînée croît d'abord avec la concentration de la solution en chlorure de calcium pour tendre ensuite vers une limite fixe, correspondant à 13,5 pour 100 du poids de l'oxyde de fer précipité, pour les solutions renfermant plus de 0,34 pour 100 de $CaCl^2$ anhydre.

Avec une concentration fixe en chlorure de calcium de 0,34 pour 100 et

des concentrations en oxyde de fer variant de 0,072 à 0,55 pour 100, le poids total de chaux entraînée va en croissant, mais sa proportion relative tombe de 20 à 7 pour 100 du poids de l'oxyde de fer.

On comprend, d'après ces chiffres, comment en redissolvant l'oxyde de fer et le précipitant une seconde fois par l'ammoniaque, on le débarrasse complètement de la chaux. Dans les solutions très diluées en chaux, l'entraînement est en effet négligeable.

On a essayé d'empêcher l'entraînement de la chaux en ajoutant à la solution, avant précipitation, 2 pour 100 de son poids de sel ammoniacal. Le résultat a été négatif. Mais, au contraire, en lavant le précipité avec une solution bouillante à 5 pour 100 d'azotate d'ammonium, il a été possible d'enlever du premier coup la totalité de la chaux, sans passer par la double précipitation.

Entraînement de la magnésie. — Pour empêcher la précipitation directe de la magnésie par l'ammoniaque, il est nécessaire d'introduire à l'avance des sels ammoniacaux dans la dissolution. Les solutions étudiées renfermaient uniformément 2 pour 100 de NH^4Cl. La précipitation a été faite comme précédemment par addition de 2^{cm^3} d'ammoniaque concentrée à 50^{cm^3} de solution.

Dans les cas de la magnésie, il y a à tenir compte de deux facteurs dont l'influence était négligeable avec la chaux; la température de précipitation et la durée de contact de la dissolution avec le précipité.

Voici les résultats obtenus avec une solution renfermant 0,30315 pour 100 de $FeCl^3$ et 0,4236 pour 100 de $MgCl^2$.

	Fe^2O^3.	MgO.	MgO pour 100.
Précipité à chaud, filtré de suite	0,0746	0,02	26,5
Précipité à froid, filtré de suite	»	0,045	60
Précipité à froid, filtré après trois heures		0,060	80

Les expériences définitives ont été faites à la température ordinaire en laissant le précipité trois heures au contact de la dissolution.

Composition. Solution.	Précipité.		
$MgCl^2$ p. 100.	MgO.	Fe^2O^3.	MgO p. 100.
0,4236	g 0,0228	g 0,0361	63
»	0,0513	0,0746	68
»	0,0736	0,1372	54
»	0,0953	0,2273	42
»	0,1048	0,2730	38

Composition. Solution.	Précipité.		
$MgCl^2$ p. 100.	MgO.	Fe^2O^3.	MgO p. 100.
0,1864	g 0,0384	g 0,0746	50
0,2118	0,0426	»	57
0,3765	0,0513	»	69
0,4236	0,0513	»	69
0,7624	0,0518	»	69

On voit que les entraînements de magnésie sont toujours très importants, mais varient proportionnellement moins avec la concentration des liqueurs que dans le cas de la chaux. Les limites extrêmes des entraînements ont varié de 40 à 70 pour 100, c'est-à-dire moins du simple au double, tandis que pour la chaux, dans les mêmes conditions, la variation avait été du simple au triple.

Une seconde précipitation à l'ammoniaque est tout à fait insuffisante, au moins à froid, pour séparer la magnésie du précipité. Le lavage avec une solution bouillante d'azotate d'ammoniaque, qui débarrasse le précipité de la chaux, ne suffit pas pour enlever complètement la magnésie.

CHIMIE. — *Sur le nickelage de l'aluminium et de ses alliages.* Note (1) de MM. **Léon Guillet** et **Maxime Gasnier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le nickelage de l'aluminium et de ses alliages a été considéré, jusqu'à ces dernières années, comme une opération impossible à réaliser avec résultats satisfaisants, notamment au point de vue de l'adhérence du dépôt.

Cependant une méthode indiquée par M. Tassilly (2), basée sur l'attaque préalable du métal par l'acide chlorhydrique, a donné quelques résultats industriels.

Mais l'étude systématique du procédé nous a montré de grandes irrégularités dans son application aux différents alliages légers d'aluminium, par suite d'une action inégale de l'agent de décapage.

L'examen micrographique de produits nickelés ayant nettement établi que l'adhérence du dépôt était due simplement à un accrochage du métal dans les cavités produites au décapage, nous avons pensé utiliser un moyen mécanique fort simple et très répandu pour produire le décapage : le jet de sable.

Les premiers résultats étant très favorables, nous avons procédé à l'étude méthodique du procédé : nous avons déterminé les facteurs entrant en jeu dans l'opération et les méthodes d'essais permettant de fixer la valeur des résultats obtenus.

---

(1) Séance du 26 avril 1920.

(2) *Revue de Métallurgie*, 1914 : Mémoires, p. 670.

Les facteurs intervenant dans l'opération sont :

a. La vitesse des grains de sable projetés à la surface du métal, laquelle est fonction de la pression de l'air utilisée dans l'appareil et de la forme de la buse employée;

b. La grosseur des grains de sable;

c. Le temps s'écoulant entre le sablage et le nickelage ;

d. L'épaisseur de la couche de nickel.

Le bain de nickelage, utilisé dans tous ces essais, est le bain couramment employé dans l'industrie (¹).

Pour connaître la valeur du dépôt, nous avons mesuré l'adhérence par un essai d'emboutissage à la bille (tôle d'aluminium de 6^{mm}, bille de 10^{mm} de diamètre, profondeur d'emboutissage de 6^{mm}), par des essais de pliage (tôle posée sur deux supports distants de 55^{mm} et pliée avec un poinçon terminé par une surface demi-cylindrique de 25^{mm} de diamètre) et par des essais de brunissage (au brunissoir d'acier, en employant comme lubrifiant de l'eau de savon) ; d'autre part, nous avons mesuré l'efficacité de la protection en plongeant les objets nickelés dans une lessive de soude bouillante à 15 pour 100 de NaOH, pendant 30 minutes.

Les résultats de nos expériences peuvent se résumer de la façon suivante :

1° En utilisant le sable ordinairement employé pour l'opération du sablage (sable de Fontainebleau) donnant 30 pour 100 de refus au tamis à mailles de $\frac{3}{10}$ de millimètre et 10 pour 100 de refus au tamis à mailles de $\frac{2}{10}$) et en nickelant à $\frac{1}{100}$ de millimètre de profondeur, nous avons obtenu :

Pression par centimètre carré.	Essai d'emboutissage.
300^{g}	Nickel complètement exfolié
600	Nickel légèrement criqué
1500	Nickel intact

Mais le grain du dépôt est assez grossier. On fait disparaître ce défaut en prenant un sable plus fin (sable passant à travers le tamis à mailles de $\frac{2}{10}$ de millimètre).

2° Des tôles sablées sous pression de 1500^{g} par centimètre carré, avec le sable fin, tel qu'il vient d'être défini, ont été conservées, enveloppées dans une feuille de papier-filtre pendant 2 jours, 8 jours, 15 jours, 1 mois avant nickelage.

(¹) Sulfate de nickel : 150^{g} sulfate double de nickel et d'ammonium : 50^{g} eau pour faire 1^{l}.

On n'a observé aucune différence entre les résultats obtenus.

3° Des tôles sablées dans les mêmes conditions ont été nickelées à des épaisseurs croissantes jusqu'à 4 centièmes de millimètre.

Dans les essais mécaniques indiqués, le dépôt est excellent jusqu'à 1 centième de millimètre; il présente quelques craquelures pour 2 centièmes de millimètre; l'adhérence est insuffisante pour 4 centièmes de millimètre.

Seule la couche de nickel de 4 centièmes de millimètre se révèle d'une protection efficace à la soude.

Il y a donc contradiction entre les essais d'adhérence et les essais de protection à la soude.

4° Comme une résistance élevée au point de vue chimique serait de nature à ouvrir des débouchés nouveaux à l'aluminium et à ses alliages, nous avons cherché une autre méthode de recouvrement.

L'un de nous a montré que le cuivre donne par électrolyse un dépôt beaucoup plus compact et moins dur que le nickel [1]. Nous avons alors opéré en plaçant entre deux couches de nickel, la première de très faible épaisseur, une couche de cuivre, le cuivrage direct de l'aluminium ne nous ayant donné aucun résultat favorable.

Nous sommes arrivés ainsi au mode opératoire suivant :

Sablage sous 1500g par centimètre carré, avec sable passant à travers le tamis à mailles de 2 dixièmes de millimètre.

Nickelage pour 6 millièmes de millimètre (durée de l'opération : une demi-heure sous 0,8 ampère par décimètre carré).

Cuivrage [2] pour 2 centièmes de millimètre (durée de l'opération : 2 heures sous 1 ampère par décimètre carré).

Polissage de la couche de cuivre.

Nickelage pour 5 millièmes de millimètre (durée de l'opération : 1 heure, avec 0,5 ampère par décimètre carré).

Polissage de la surface.

Dans ces conditions, on satisfait d'une part aux essais mécaniques : emboutissage sans crique, pliage jusqu'à un angle de 120° et brunissage sans altération; et d'autre part, aux essais chimiques : résistance à la lessive de soude à 15 pour 100 de NaOH, à température de 100°.

---

(1) Guillet et Bernard, *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 1914.

(2) Composition du bain de cuivrage: sulfate de cuivre, 150g; acide sulfurique, 20g; eau pour faire 1l.

Nous ferons observer que le nickelage d'aluminium doit être envisagé non seulement comme méthode d'embellissement de ce métal et, lorsqu'il comporte un cuivrage, une méthode très sûre de protection contre l'attaque par les agents atmosphériques, voire l'eau salée, mais bien aussi comme une méthode permettant de souder aisément l'aluminium par les moyens ordinaires, tels que la soudure à l'étain.

La nouvelle méthode de nickelage d'aluminium, avec ou sans cuivrage, que nous avons brièvement résumée dans cette Note peut être très facilement mise en pratique. Elle semble ouvrir de nouvelles utilisations à ce métal bien français et peut, sans doute, s'appliquer au recouvrement de produits métallurgiques recevant difficilement les dépôts galvaniques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur une nouvelle série de combinaisons complexes : les* antimonioxyiodures. Note de M. **A. C. Vournazos**, présentée par M. Charles Moureu.

Au cours des recherches que j'ai effectuées sur le triiodure d'antimoine [1], j'ai eu l'occasion d'apprécier la tendance que possèdent les halogénures, et même les sulfures, d'antimoine, à former des composés complexes d'une nouvelle espèce. Le triiodure d'antimoine est, parmi ces halogénures, le plus stable, et, par conséquent, il convient mieux pour des expériences concluantes.

Lorsqu'on hydrate ce corps à l'aide d'une seule molécule d'eau, pour arriver à l'iodure d'antimonyle, on passe sans s'en apercevoir par un acide complexe, dont la tension de dissociation paraît énorme déjà à la température ordinaire ; de sorte qu'il est impossible d'obtenir cet acide à l'état libre : $SbI^3 + H^2O \rightarrow H^2[SbOI^3] \rightarrow SbOI + 2HI$. Les résultats de mes recherches me font admettre l'existence d'un anion complexe $[OSbI^3]''$ qui doit être regardé comme un système labile prêt à se transformer, à tout instant, en molécules plus simples et stables : $SbOI$ et I^2.

Pour vérifier ma manière de voir, je me suis efforcé de faire passer l'anion intact sur une combinaison métallique ou organométallique. Une solution de triiodure d'antimoine agit, en effet, d'une façon particulière sur certaines combinaisons métalliques. J'emploie comme dissolvant l'alcool amylique ordinaire dans le cas d'un sel anhydre, et le xylol anhydre dans le cas de

---

[1] A. C. Vournazos, *Comptes rendus*, t. 166, 1918, p. 526.

composés contenant de l'eau de constitution. Le xylol anhydre constitue le meilleur dissolvant du triiodure d'antimoine; il en dissout 8,5 pour 100 à la température de l'ébullition.

Le triiodure dissous agit surtout sur les sels à acide faible tels que les cyanures, carbonates, formiates et acétates des certains métaux bivalents $(M)^{\cdot\cdot}$:

$$SbI^3 + M^{\cdot\cdot}(C^2H^2O^2)^2 + H^2O = M^{\cdot\cdot}SbOI^3 + 2C^2H^4O^2.$$

Le produit ainsi formé contient, comme on le voit, l'anion complexe $[SbOI^3]''$.

Les complexes des métaux monovalents, ainsi que des métaux alcalino-terreux, paraissent aussi facilement dissociables que l'acide libre, tandis que le complexe de mercure et celui de cuivre sont très stables et bien définis, et ils ont ainsi pu servir pour l'étude de la constitution des antimonioxyiodures.

Antimonioxyiodure de mercure. — Ce corps a été obtenu par l'action du triiodure d'antimoine sur le cyanure de mercure. Je prépare dans ce but un mélange parfait et très sec de $6^g,012$ du premier avec $3^g,024$ du second. Le mélange est introduit rapidement dans un ballon en verre à long col, de 300^{cm^3}, dans lequel on ajoute 75-100^{cm^3} d'alcool amylique non deshydraté; on agite, on bouche le ballon et l'on chauffe au bain-marie pendant 4-6 heures, en agitant de temps à autre. La réaction doit être considérée comme terminée quand la couleur du mélange, primitivement orangée, est devenue nettement jaune citron. Comme la marche de la réaction dépend de la présence d'un peu d'eau, il sera bon d'en ajouter quelques gouttes à chaque fois, afin d'assurer la réaction :

$$SbI^3 + HgCy^2 + H^2O = Hg(SbOI^3) + 2HCN.$$

Le produit se dépose au fond du ballon sous forme d'une poudre jaune claire. En évaporant lentement la liqueur claire, on obtient de fines aiguilles prismatiques jaunes et transparentes, insolubles dans l'eau et non décomposables.

L'antimonioxyiodure de mercure fond vers 78° sans altération et se prend, par refroidissement, en une masse jaune translucide à structure cristalline. Il est facilement soluble dans l'acide chlorhydrique dilué (D. 1,09), d'où il se dépose, par évaporation dans le vide sulfurique, en cristaux jaunes prismatiques. L'acide chlorhydrique concentré le décompose lentement, les acides sulfurique et azotique rapidement, ainsi que l'acide tartrique bouil-

lant. Traité par l'ammoniaque, il se décompose en donnant un précipité gris noirâtre, analogue aux composés ammonio-mercureux. La solution chlorhydrique aqueuse, traitée à froid par la soude caustique, donne un précipité gris noir d'oxyde mercureux, et l'antimoine se sépare en octaèdres de Sb_4O_6. L'antimonioxyiodure en poudre traité, d'autre part, par la potasse ou la soude caustique à froid, se colore en noir intense, à cause de la formation de l'oxyde mercureux. Ces dernières réactions sont celles du mercure monovalent; le schéma moléculaire $I-Hg-Sb\begin{smallmatrix}{/\!/}O\\-I\\ \diagdown I\end{smallmatrix}$ pourrait seul expliquer ces particularités.

Chauffé à la température de 400°, le complexe de mercure commence à se décomposer; il se forme alors des vapeurs d'iode, de l'iodure mercurique et du trioxyde d'antimoine.

L'analyse pondérale du produit cristallisé a fourni des chiffres très concordants avec la formule $Hg(SbOI^3)$. La solution amylique du complexe ne donne, enfin, aucune des réactions caractéristiques de l'ion d'antimoine; le cuivre et le plomb déplacent le mercure aussitôt introduits dans cette solution. Le complexe est, en outre, inaltérable lorsqu'on le traite, même à chaud, par les solutions des iodures et cyanures alcalins.

Antimoniodocyanures de mercure. — Un mélange équimoléculaire de cyanure de mercure et de triiodure d'antimoine, traité au bain-marie par le xylol anhydre, m'a donné un nouveau corps, l'antimoniodocyanure de mercure (mono). Ce composé se présente sous forme d'une poudre légère jaune pâle, dont l'analyse et les propriétés chimiques conduisent à la formule $Hg[SbI^3Cy^2]$. Il peut aussi être considéré comme un terme de passage au produit $Hg[SbOI^3]$; car si on le traite à chaud par l'alcool amylique hydraté, il se transforme totalement en antimonioxyiodure :

$$Hg[SbI^3Cy^2]+H^2O=Hg[SbOI^3]+2HCy.$$

Ce complexe monomercurique est d'ailleurs très instable; si, par exemple, aussitôt qu'il est formé, on continue à le chauffer dans le xylol pendant 3-4 heures, il se décompose en donnant un autre antimoniodocyanure trimercurique de la formule $Hg^3[Sb^2I^6Cy^6]$, qui correspond à un acide complexe tribasique $H^3[SbI^3Cy^3]$.

Antimonioxyiodure de cuivre, $Cu[SbOI^3]$. — Il est obtenu par l'action du triiodure d'antimoine sur l'acétate de cuivre; le mélange équimolécu-

laire est traité par l'alcool amylique. Le complexe constitue une poudre brune, peu soluble dans l'alcool amylique, d'où on l'obtient, par évaporation lente, sous forme d'aiguilles prismatiques brunes transparentes. Il est décomposé par l'eau en iodure cuivreux, trioxyde d'antimoine et acide iodhydrique; l'ammoniaque l'attaque de même et dissout l'iodure cuivreux. Chauffé au rouge, le complexe donne de la vapeur d'iode et un résidu noir formé d'oxyde de cuivre et d'antimoine.

Antimoniodocyanure de cuprosum. — Le cyanure cuivreux se combine aussi avec le triiodure d'antimoine pour former un complexe analogue à celui de mercure et préparé de la même manière :

$$3\,Cu^2Cy^2 + 2\,SbI^3 = Cu^6[Sb^2I^6Cy^6].$$

Le produit constitue une poudre brune insoluble et inattaquable par l'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution de quelques dialcoylcyclohexanones.* Note de M. **R. Cornubert**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note publiée en juin 1914 [1] nous avons décrit les allyl- et allylméthylcyclohexanones que l'on obtient par sodation et allylation subséquente de la cyclohexanone et des trois monométhylcyclohexanones. Parmi ces substances il en est quatre qui présentent deux groupes alcoyle en α par rapport au carbonyle, ce sont :

α-méthylallylcyclohexanone,
α-diallylcyclohexanone,
α-diallyl-β-méthylcyclohexanone,
α-diallyl-γ-méthylcyclohexanone.

Nous leur avions donné *a priori* des formules symétriques, nous réservant d'ailleurs de vérifier cette conception, M. Haller ayant montré la présence d'une cétone dissymétrique dans l'α-diméthylcyclohexanone obtenue par la même méthode [2]. Il était par suite possible que nos cétones allylées continssent aussi des cétones dissymétriques. La guerre nous a empêché d'entreprendre ces recherches au moment où nous allions les commencer. Reprises

---

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1900.
[2] *Comptes rendus*, t. 175, 1913, p. 179.

après l'armistice, elles nous ont conduit à des conclusions qui sont conformes aux résultats déjà décrits pour l'$\alpha\alpha$-diméthylcyclohexanone (¹) et l'$\alpha\alpha$-méthyléthylcyclohexanone (²), c'est-à-dire que nos dialcoylcyclohexanones sont, en général, principalement constituées par des cétones dissymétriques.

Tout comme pour les deux dialcoylcyclohexanones saturées dont nous venons de parler, la réaction utilisée pour cette étude a été l'action de l'aldéhyde benzoïque, avec cette différence toutefois que la condensation a été effectuée sous l'influence du méthylate de soude au lieu de l'acide chlorhydrique. Le mode opératoire n'a comporté aucune particularité; nous dirons simplement que la réaction n'est jamais totale et que la cétone inaltérée a été, après récupération, soumise de nouveau à l'action de l'aldéhyde benzoïque jusqu'à épuisement de la condensation.

Les cétones mises en œuvre avaient été préparées en 1914; les unes ont été retrouvées intactes en 1919, les autres partiellement polymérisées, bien qu'ayant toutes été conservées dans les mêmes conditions et en particulier dans l'obscurité.

Le Tableau suivant permet de comparer les quatre opérations.

		I. α-Méthylallylcyclohexanone.	II. α-Diallylcyclohexanone.	III. β-Méthyl-α-diallylcyclohexanone.	IV. γ-Méthyl-α-diallylcyclohexanone.
Rendement (pour 100) en combinaison benzylidénique	de premier jet.	(70)	(51)	10	66
	total	(72)	(61)	21	73
Nombre des condensations successives...		3	3	6	3

Les cétones I, II et IV sont donc surtout constituées par des cétones dissymétriques.

Les nombres placés entre parenthèses sont approximatifs, les combinaisons benzylidéniques auxquelles ils correspondent étant restées liquides.

Ces quatre combinaisons benzylidéniques présentent les constantes suivantes :

Combinaison benzylidénique de	Aspect.	Éb.corr.	F.corr.
$\alpha\alpha$-méthylallylcyclohexanone	liquide jaune	211°-212°/15	
$\alpha\alpha$-diallylcyclohexanone	liquide jaune	231°-232°/18	
$\alpha\alpha$ (ou $\alpha'\alpha'$)-diallyl-β-méthylcyclohexanone.	solide blanc		45°-48°
$\alpha\alpha$-diallyl-γ-méthylcyclohexanone	solide blanc		71°-71°,5

(¹) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 700.

(²) A. Haller et R. Cornubert, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 973.

La benzylidène-αα-méthylallylcyclohexanone a été identifiée par sa semicarbazone ($F_{corr.}$ 180°). Dans les mêmes conditions, la benzylidène-α-diallylcyclohexanone n'a donné qu'un produit visqueux avec le chlorhydrate de semicarbazide.

En résumé, l'action de l'aldéhyde benzoïque sur les quatre dialcoylcyclohexanones étudiées montre que trois d'entre elles sont principalement constituées par les cétones dissymétriques de formules respectives I, II et III.

CH^2
CH^2 CH^2
CH^2 $C<\frac{CH^3}{C^3H^5}$
CO
(I).

CH^2
CH^2 CH^2
CH^2 $C<\frac{C^3H^5}{C^3H^5}$
CO
(II).

$CHCH^3$
CH^2 CH^2
CH^2 $C<\frac{C^3H^5}{C^3H^5}$
CO
(III).

c'est-à-dire par l'αα-méthylallylcyclohexanone (I), l'αα-diallylcyclohexanone (II) et la γ-méthyl-αα-diallylcyclohexanone (III).

Il en résulte que l'α-méthyl-*n*-propylcyclohexanone, décrite dans une autre Note (¹), et que l'α-méthyldiallylcyclohexanone (²) sont respectivement constituées, en majeure partie, par les cétones des formules (IV) et (V) :

CH^2
CH^2 CH^2
CH^2 $C<\frac{CH^3}{C^3H^7}$
CO
(IV).

CH^2
CH^2 CH^2
$C^3H^5 - CH$ $C<\frac{CH^3}{C^3H^5}$
CO
(V).

CH^2
CH^2 $CHCH^3$
CH^2 $C<\frac{C^3H^5}{C^3H^5}$
CO
(VI).

CH^2
CH^2 $CHCH^3$
$\frac{C^3H^5}{C^3H^5}>C$ CH^2
CO
(VII)

autrement dit par l'αα-méthyl-*n*-propylcyclohexanone (IV) et par l'α-méthylallyl-α'-allylcyclohexanone (V).

En ce qui concerne la β-méthyl-α-diallylcyclohexanone, la seule conclu-

(¹) *Comptes rendus* t. 159, 1914, p. 75.
(²) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1900.

sion à laquelle nous pouvons arriver est que cette cétone contient au moins 21 pour 100 d'un composé dissymétrique (VI) ($\alpha\alpha$-diallyl-β-méthylcyclohexanone) ou (VII) ($\alpha'\alpha'$-diallyl-β-méthylcyclohexanone).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les formes stéréo-isomériques du diiodure de benzoylphénylacétylène.* Note de M. **Charles Dufraisse**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une Note précédente [1], j'ai décrit les deux isomères stéréochimiques répondant à la formule

$$C^6H^5 - CBr = CBr - CO - C^6H^5.$$

Nef [2] a fixé deux atomes d'iode sur le benzoylphénylacétylène, mais cet auteur n'a obtenu que l'un des deux isomères répondant à la formule

$$C^6H^5 - CI = CI - CO - C^6H^5.$$

Je me suis proposé de rechercher s'il était possible d'isoler le second isomère iodé que prévoient les théories stéréochimiques.

En examinant au microscope les résidus de purification du composé de Nef, j'ai reconnu la présence, dans certaines préparations, d'une très faible quantité d'un composé, dont la forme cristalline rappelait celle du second isomère dibromé (corps B, décrit dans la Note précédente). Ce composé était vraisemblablement le second isomère diiodé.

Mais avant de songer à l'isoler pour l'identifier, il fallait tout d'abord améliorer la technique de préparation de façon à en obtenir des proportions appréciables. Ici encore le microscope m'a été d'un grand secours pour juger de la valeur des diverses modifications que j'ai fait subir au procédé primitif de Nef.

Préparation des deux isomères. — *Corps iodé* A (*composé de Nef*). — On peut préparer ce composé suivant le procédé de Nef (*loc. cit.*) en faisant réagir l'iode en solution éthérée sur le benzoylphénylacétylène. Après plusieurs jours de contact, le corps commence à se déposer peu à peu en cristaux volumineux, que l'on purifie au moyen de l'alcool ou du benzène. La préparation du corps B, donnée ci-dessous, fournit de notables quantités du corps A, mais en petits cristaux.

Corps iodé B. — Il résulte de très nombreux essais que, pour avoir des rende-

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1591.
(2) *Lieb. An.*, t. 308, 1899, p. 277.

ments appréciables dans la préparation de ce composé, on doit effectuer la fixation de l'iode d'une manière aussi brutale que possible.

Voici la technique qui a donné les meilleurs résultats : 4g,80 iode en poudre fine et 4g benzoylphénylacétylène sont introduits dans un tube à essai en verre épais. On arrose la masse avec seulement 25 gouttes de sulfure de carbone, en vue de faciliter la liquéfaction du mélange, sans diluer les réactifs. On ferme le tube au moyen d'un bouchon solidement assujetti : on évitera, ainsi, que l'ébullition du sulfure de carbone ne vienne ralentir l'élévation de température à l'intérieur du tube. On liquéfie la masse en agitant énergiquement pendant une minute environ le tube plongé dans un bain d'eau à 50°; on porte alors, sans cesser d'agiter, dans une solution saturée bouillante de chlorure de sodium. La réaction se déclanche brusquement et est complète en quelques instants.

La séparation du corps B ne peut pas être réalisée, comme dans le cas des dérivés bromés, par triage des cristaux, à cause de la difficulté qu'il y a à obtenir, par évaporation des solvants, des cristaux suffisamment volumineux. On utilise la différence des vitesses de cristallisation des deux composés.

On traite à chaud par l'alcool le mélange des corps A et B, puis, dans la solution refroidie et, par conséquent, sursaturée, on introduit des amorces de B, en prenant les précautions *les plus minutieuses* pour éviter toute amorce de A. Dans ces conditions, la précipitation de B est plus rapide que celle de A, et, par un essorage effectué en temps opportun, on réussit à séparer le corps B presque pur, tandis que le corps A, cependant beaucoup moins soluble, ne cristallise qu'en second lieu avec une petite quantité de B.

Cette technique permet d'atteindre et même de dépasser un rendement de 20 pour 100 en corps B.

Propriétés. — Le corps iodé A se présente sous la forme de prismes incolores, quand ils ont été obtenus à partir de la solution benzénique (l'alcool donne des cristaux moins blancs). Chauffé lentement au bain d'acide sulfurique, il fond en s'altérant vers 140°, le point de fusion instantanée, au bloc Maquenne, est de 155°-156° (Nef a indiqué comme point de fusion 148°-150°). Ce composé est peu soluble à froid dans les solvants organiques; à chaud, il se dissout plus abondamment dans l'alcool et surtout dans le benzène.

Le corps iodé B offre la particularité de se présenter sous deux formes bien distinctes, que j'appellerai les formes B_α et B_β.

La forme B_α est constituée par des pyramides hexagonales accolées par leur base, très analogues à celles du second isomère bromé (*loc. cit.*). C'est,

du reste, cet aspect caractéristique qui m'a permis d'aboutir à l'obtention du second isomère iodé.

Ces cristaux sont colorés en jaune citron : c'est une nouvelle analogie avec les dérivés bromés, dont l'un est coloré en jaune pâle, tandis que l'autre est incolore.

Chauffés au bain d'acide sulfurique, les cristaux de la forme B_α commencent à fondre à des températures plus ou moins voisines de 83°, suivant la vitesse d'échauffement. Quand on les introduit brusquement dans le bain chauffé à 72°, on observe une fusion suivie, presque aussitôt, de la prise en masse du liquide ; la fusion définitive ne se produit qu'au-dessus de 82°. Aux environs de sa température de fusion, la forme B_α se convertit en la forme B_β qui est décrite ci-dessous. Il est difficile, dans ces conditions, de donner un point de fusion exact : la température de la fusion la plus basse que j'ai observée au bloc Maquenne est de 70°-71°.

La forme B_α est facilement soluble, surtout à chaud, dans les solvants organiques : sa solubilité est plus grande que celle de la forme B_β.

La forme B_β du corps iodé B est constituée par de grandes lames hexagonales, fréquemment groupées comme les feuillets d'un livre. Ces cristaux sont également colorés en jaune citron. Ils fondent à 84°-85° sur le bloc Maquenne.

On obtient la forme B_α par refroidissement rapide des solutions saturées à chaud. L'évaporation rapide des solutions fournit surtout la forme B_α.

On obtient la forme B_β en chauffant la forme B_α entre 70° et 83°, ou encore en évaporant lentement les solutions; il suffit enfin de laisser en contact avec une solution saturée les pyramides de la forme B_α pour les voir remplacées, après un petit nombre d'heures, par les lames hexagonales de la forme B_β.

En présence de ces faits, il y a lieu de se demander si le composé iodé B est simplement dimorphe, ou bien si les formes B_α et B_β ne représentent pas les cristaux de deux espèces chimiques distinctes, de deux tautomères, par exemple. Les études que je poursuis actuellement me permettront peut-être d'apporter une réponse; cependant je signale, dès maintenant, en faveur de la seconde hypothèse, le fait que la forme B_β est beaucoup plus sensible que la forme B_α à l'action de la lumière.

La transformation du corps A en corps B, de même que la transformation inverse du corps B en corps A, a été réalisée, soit par l'action de la chaleur, soit par l'action de la lumière.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation catalytique des cétazines.* Note de M. A. Mailhe, transmise par M. Paul Sabatier.

Dans une précédente Communication [1], j'ai montré que l'hydrogénation directe des aldazines sur le nickel divisé conduit à des amines primaires, mélangées d'amines secondaires, par suite de la scission de la molécule à la liaison qui unit les deux atomes d'azote. Une réaction de même nature a lieu lorsqu'on essaie d'hydrogéner les cétazines dans des conditions identiques.

1° *Diméthylcétazine* $(CH^3)^2C = N - N = C(CH^3)^2$. — La diméthylcétazine, bouillant à 130°-131°, se prépare par action de l'hydrate d'hydrazine sur la cétone ordinaire diluée avec de l'eau, afin de diminuer la violence de la réaction. Par addition de potasse solide elle se sépare sous forme d'une huile qu'il est facile de rectifier.

J'ai hydrogéné cette cétazine, sur du nickel chauffé à 150°. Il s'est dégagé des vapeurs alcalines abondantes. Le liquide recueilli soumis à la rectification a fourni les fractions suivantes :

35°-50°	1 partie
50-80	0,5 »
80-90	4 »
90-120	1 »

La première fraction fournit la réaction de la carbylamine et se carbonate à l'air. Elle renferme l'*isopropylamine* $(CH^3)^2 CH.NH^2$, qui bout à 32°. Une dose importante a été sans nul doute emportée par le courant d'hydrogène. La fraction dominante, distillant de 80° à 90°, est formée par la *diisopropylamine*, bouillant à 84°. Elle fournit par action de HCl gazeux un chlorhydrate déliquescent.

2° *Diéthylcétazine* $(C^2H^5)^2C = N.N = C(C^2H^5)^2$. — L'action de l'hydrate d'hydrazine sur la propione $(C^2H^5)^2CO$, commencé à froid. On la termine en mélangeant intimement les deux produits avec de l'alcool et portant le tout à l'ébullition pendant 5 à 6 heures. Après refroidissement, on sépare la cétazine par addition de potasse solide. Elle bout à 160°-163°. Hydrogénée sur nickel à 160°-170°, elle fournit un abondant dégagement de

(1) A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1120.

vapeurs ammoniacales et un liquide formé surtout par l'amine primaire, l'*amino$_3$-pentane*, $CH^3CH^2CHNH^2CH^2CH^3$, qui bout à 84°; elle ne paraît pas avoir été isolée jusqu'ici. Elle fournit la carbylamine, un chlorhydrate déliquescent et par action de l'isocyanate de phényle, une phénylurée fondant à 148°. Au-dessus de 90°, les portions du liquide fractionné sont trop faibles pour que l'on puisse isoler nettement les amines supérieures.

3° *Diisopropylcétazine* $[(CH^3)^2CH]^2C = N.N = C[CH(CH^3)^2]^2$. — Cette cétazine se prépare facilement à partir de l'isobutyrone (2 parties) et de l'hydrate d'hydrazine (1 partie), que l'on mélange d'abord à froid. Le liquide rendu homogène par addition d'alcool est soumis à l'ébullition au réfrigérant à reflux pendant 5 heures. Après addition d'eau, il se sépare une huile d'où l'on enlève les traces d'eau qu'elle renferme, par addition de potasse. Le liquide obtenu bout à 175°. Hydrogéné sur le nickel à 170°-180°, il fournit un produit d'où l'on isole par distillation fractionnée :

De 125° à 130°	5 parties
130 à 140	1 »
140 à 190	1 »
190 à 220	0,5 »

La première portion, la plus importante, soumise à une nouvelle rectification, bout en majeure partie à 125°-127°. C'est l'amine primaire, $[(CH^3)^2CH.]^2CH.NH^2$, la *diméthyl$_2$-4-amino$_3$-pentane*, inconnue, qui donne avec l'isocyanate de phényle, une urée substituée fondant à 139°-140°.

4° *Dipropylcétazine* $(C^3H^7)^2C = N.N = C(C^3H^7)^2$. — Je l'ai préparée comme la précédente en faisant réagir 1 partie d'hydrate d'hydrazine, sur 2 parties de butyrone $(CH^3CH^2CH^2)^2CO$. C'est une huile, bouillant à 188°.

Son hydrogénation sur nickel divisé, effectuée à basse température, environ 170°, a fourni surtout une amine primaire, bouillant à 135°-136°, *l'amino$_4$-heptane* $(CH^3CH^2CH^2)^2CH.NH^2$. C'est une base forte, donnant un chlorhydrate cristallisé, et une phénylurée qui fond à 134°.

Entre 138° et 225°, il ne passe qu'une faible portion de liquide alcalin, contenant vraisemblablement les amines secondaire et tertiaire.

5° *Diisobutylcétazine* $[(CH^3)^2CHCH^2]^2C = N.N = C[CH^2CH(CH^3)^2]^2$. — Je l'ai obtenue en chauffant ensemble, en présence d'alcool, un mélange de 1 partie d'hydrate d'hydrazine et 2 parties d'isovalérone $[(CH^3)^2CH.CH^2]^2CO$. C'est une huile qui bout à 205°-208°.

Lorsqu'on l'hydrogène sur nickel à température assez élevée, 215°-220°,

on constate un abondant dégagement de gaz ammoniac. Le liquide recueilli, soumis au fractionnement, abandonne de 175° à 180° (2 parties) et de 255° à 260° (7 parties). La première portion contient l'amine primaire inconnue, la *diméthyl$_{26}$-amino$_4$-heptane* $[(CH^3)^2CH.CH^2]^2CH.NH^2$, qui bout après nouvelle rectification à 175°-177°. La seconde portion, la plus importante, est formée par l'amine secondaire $\{[(CH^3)^2CH.CH^2]^2CH\}^2NH$, la diisobutho$_{11}$ diisoamylamine inconnue.

On voit que l'hydrogénation des cétazines, sur nickel divisé, conduit à basse température à la formation d'amines primaires, et, à température plus élevée, à un mélange d'amines primaire et secondaire

$$R^2C = N.N = NCR^2 + 3H^2 = 2R^2CH\,NH^2,$$
$$2R^2CH\,NH^2 = NH^3 + [R^2CH]^2NH.$$

Elles correspondent à des alcools secondaires $R^2CH.OH$.

Cette méthode d'hydrogénation des cétazines constitue, comme l'hydrogénation des cétoximes [1] que j'ai fait connaître antérieurement, un nouveau procédé de préparation des amines des alcools secondaires.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la rive orientale du lac d'Annecy*. Note de M. **Léon Moret**, présentée par M. Pierre Termier.

Sur la rive orientale de la partie nord du lac d'Annecy court, dans une direction NW-SE, la *Montagne de Veyrier*, chaînon le plus occidental des Hautes chaînes calcaires du Genevois.

Vue d'Annecy, la montagne se montre accidentée de deux échancrures *synclinales*, le *Pré Vernet* au Nord, le *Col des Contrebandiers* au Sud, alternant avec les *anticlinaux* du *Mont Rampon*, du *Mont Baron* et du *Mont Beauregard* (anticlinal érodé d'axe Bluffy-Dingy). Dans sa partie septentrionale, ces accidents sont déjà très marqués et nous avons montré, dans un travail antérieur (*Revue savoisienne*, 1919), qu'au défilé de Dingy (dépression transversale) on les retrouvait, mais très atténués de l'autre côté du Fier et doublés de leur couverture tertiaire ; seul, le Beauregard se relève résolument vers le Nord pour constituer la Montagne de Lachat.

Le *Mont Rampon*, avec sa petite échancrure du Pré Longet due à l'érosion des couches à Orbitolines (Rhodanien) est un pan de voûte urgonienne à plongement périclinal vers le Nord. Il est séparé du Mont Baron par le *pli-*

(1) A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 140, 1905, p. 113.

faille du Pré Vernet (synclinal) où l'on peut constater, dans le couloir qui y accède, un contact anormal des marnes hauteriviennes contre l'Urgonien du pan ouest de l'anticlinal du Mont Baron qui seul présente des sédiments tertiaires. On voit très nettement d'Annecy la brusque retombée de ces strates urgoniennes au-dessus du chemin horizontal de Talabar.

La faille du synclinal du Pré Vernet (à peu près SW-NE) ne se poursuit pas très loin dans la direction du Sud-Ouest; il semble que l'accident soit venu mourir dans les marnes hauteriviennes de la boutonnière de Talabar, mais il se peut aussi qu'elle corresponde au contact anormal qui doit exister à la base du petit synclinal très étiré du *Rocher du Souet* dont nous reparlerons. En effet, le synclinal du Pré Vernet lui-même se prolonge, plus au Sud, par le petit synclinal couché du *Rocher des Aires* audessus de Talabar, que l'on voit très bien de la route de Veyrier. De là, le pli s'abaisse rapidement dans la direction du Sud en se déversant complètement vers l'Ouest, c'est-à-dire vers le lac; on ne le retrouve plus qu'audessus du hameau dit « Aux Champs » où il est très laminé et ne dépasse guère 80^{m} en largeur ([1]).

Le flanc inférieur ou *Rocher du Vallon de Jean-Jacques* est constitué par un Urgonien très disloqué, sillonné d'une multitude de veinules de calcite recristallisée avec nombreux Miliolidés souvent brisés. Au-dessus, on frappe successivement sur les bancs très renversés du Flysch tongrien, bleu et feuilleté, à écailles de poissons et Globigérines, les gros bancs de grès nummulitique (*Rocher du Souet*), de nouveau l'Urgonien, puis l'Hauterivien dur, bleu et ocreux, pétri de débris de crinoïdes et de bryozoaires, avec quelques oolithes; ce terrain ne tarde pas à prendre le faciès marneux à *Toxaster* pour supporter en talus la grande falaise urgonienne. Aucun géologue n'avait constaté ce témoin aminci du petit synclinal, Maillard faisait du rocher inférieur un bloc éboulé. M. Lugeon (*Dislocation des Bauges*, 1900), qui croyait le pli simple, prolongeait directement vers le Sud l'anticlinal du Mont Baron pour le faire s'ennoyer dans le grand synclinal de Leschaux.

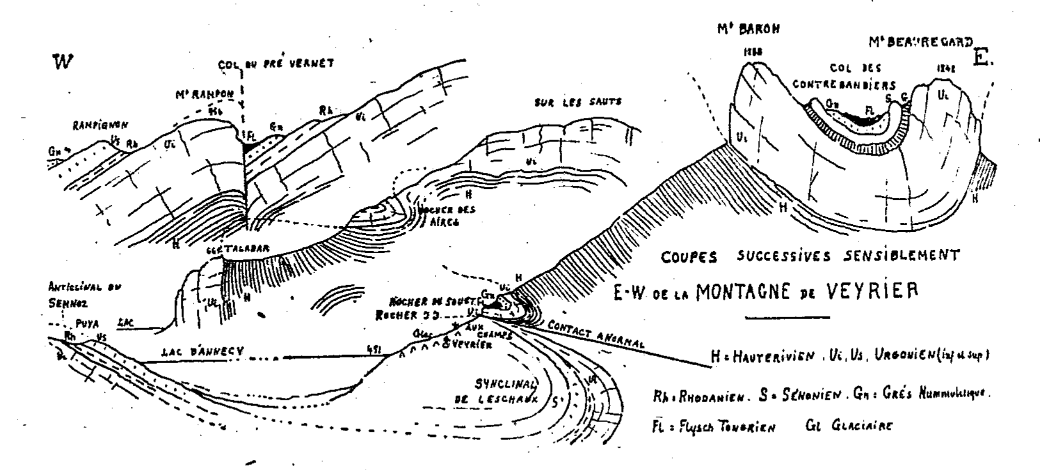
Cet anticlinal du Mont Baron est, lui aussi, rompu et indiqué topographiquement par la longue et haute falaise urgonienne qui domine le lac; il suit l'allure des premier plis. Le col des Contrebandiers est un synclinal droit contenant de part et d'autre sur l'Urgonien une lame de Gault érodé,

---

([1]) Nous avons découvert et étudié ce synclinal avec la collaboration de M. Marc Le Roux.

un léger ressaut sénonien qui se présente, ici comme au Roc de Chère, en petits bancs calcaires gris à Globigérines et Rosalines (¹), le grès nummulitique et enfin le Flysch à écailles de poissons.

La partie sud du synclinal termine la montagne, elle est rompue et laisse



en quelque sorte ce synclinal urgonien *suspendu* sur son talus hauterivien, dominant à une forte altitude (600^{m}) le Roc de Chère qui en est le prolongement sud. Il est de toute évidence que cette partie du synclinal est coupée en biseau par une *faille très oblique* à la direction de la chaîne et qui met en contact, à Menthon, le Nummulitique du Roc et le talus néoconien de la Montagne de Veyrier. Il y a même ici un défaut d'alignement des deux tronçons avec rejet vers l'Ouest du synclinal des Contrebandiers, rejet probablement en relations par la plaine d'Annecy avec le *décrochement* de la Montagne de la Balme, mais la faille est dans ce dernier cas orthogonale à la direction du pli et le rejet bien plus apparent.

En résumé, la structure de ce petit massif du Veyrier est dans le détail assez complexe. On distingue successivement de l'Ouest à l'Est :

1° L'anticlinal Rampon-Talabar.
2° Le synclinal faillé Pré Vernet (960^{m})-Rocher du Souet (370^{m}).
3° L'anticlinal du Mont Baron.

Ces trois plis rompus décrivent du Nord au Sud une courbe à convexité dirigée vers l'Ouest et sont très déversés dans cette direction, c'est-à-dire

(¹) Nous devons la détermination de ces petits foraminifères à M. Jacques de Lapparent.

dans le synclinal de Leschaux (N-S) suivi lui-même par l'anticlinal du Semnoz. De plus, les deux premiers plis ne se continuent pas dans les Bauges.

4° Le synclinal des Contrebandiers, désaxé au niveau de Menthon d'avec sa continuation naturelle Roc-de-Chère-Entrevernes [1].

5° L'anticlinal d'axe Bluffy-Dingy dont il n'existe que le pan urgonien de Beauregard se raccordant vers l'Est avec le synclinal perché des dents de Lenfon.

La partie septentrionale du Lac d'Annecy (grand lac) est donc *un fond de synclinal longitudinal* (Leschaux) et le lac n'utilise la *dépression transversale* de Faverges qu'à l'abaissement d'axe du Roc-de-Chère pour constituer son bassin d'amont (petit lac) dans le *synclinal longitudinal du Charbon.*

GÉOLOGIE. — *Sur quelques résultats d'un nouveau voyage au Maroc.* Note de M. **A. Brives**, présentée par M. Pierre Termier.

Dans un récent voyage, fait en compagnie du géologue F. P. Mueller, j'ai pu compléter les observations que j'avais déjà faites lors de deux voyages antérieurs en janvier et en juillet 1919. Je me bornerai à consigner ici les résultats de notre étude commune.

I. A *Dar bel Hamri* nous avons constaté l'existence de trois niveaux fossilifères. L'*inférieur*, visible seulement sur quelques mètres de longueur et seulement lorsque les eaux de l'oued Beth sont basses, consiste en une assise de marnes bleues dans laquelle se rencontre une faune abondante caractérisée par *Turritella terebralis*, *Ancillaria glandiformis* et *Ostrea crassissima* type du Tortonien d'Algérie.

Le *moyen* est localisé à la base d'une série d'assises sableuses jaunes dans laquelle s'intercalent à diverses hauteurs des conglomérats.

La zone fossilifère riche n'atteint que $1^m,80$ à 2^m de puissance; elle est séparée du niveau inférieur par un banc de poudingues.

C'est dans cette zone que l'on peut recueillir facilement la belle faune

---

(1) Maillard (*Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, etc.*, 1889) et Haug (*Hautes chaînes calcaires de Savoie*, 1895) admettent pour le lac d'Annecy un décrochement bien plus considérable de la rive orientale; pour eux, c'est le synclinal du Pré Vernet qui correspond au synclinal Roc-de-Chère-Entrevernes.

publiée par M. Lecointre (1). Malgré nos recherches, nous ne pûmes trouver en place, dans ce niveau, aucune des formes miocènes du niveau inférieur; seule, la *Tur. terebralis* fut recueillie au pied du talus sableux, au bord de l'eau, à l'état sporadique.

Nous avons été amenés à cette conclusion qu'un mélange des deux faunes, l'une tortonienne, l'autre pliocène, pouvait seul expliquer la faune mio-pliocène (sahélienne) publiée par MM. Depéret et L. Gentil (2).

Le niveau *supérieur* est constitué par des sables, des grès calcarifères et des poudingues à *Ost. cucullata*. Cette formation est identique à celle qui supporte la ville de Rabat; elle est concordante avec les sables et poudingues du niveau moyen, tandis que ceux-ci discordent avec les marnes bleues du niveau inférieur. Je rappelle que les sables fossilifères se poursuivent à travers la forêt de la Mamora, se retrouvent au Sud-Est de Rabat et qu'en ce point M. L. Gentil les considère comme *pliocènes*.

De l'ensemble de ces faits il résulte nettement pour nous que *le Sahélien n'existe pas à Dar bel Hamri*.

II. L'étude de la *région jurassique de Petitjean* nous a conduits aux constatations suivantes :

1° Le Selfat est un anticlinal légèrement déversé à l'Est;

2° En aucun point le Trias ne recouvre le Jurassique;

3° Le Trias qui constitue toute la région inférieure de l'oued Zegota n'est pas en rapport avec le pli du Selfat. Il fait partie d'un anticlinal parallèle à celui-ci qui se poursuit par la vallée de l'oued Mellah jusqu'au cœur des Bou Akrer. A Hadjra el Baz, le Trias est nettement surmonté par le Jurassique, alors que les flancs du pli sont constitués par des argiles salifères et des marnes blanches qui appartiennent probablement à l'Eocène inférieur. Les couches les plus anciennes de cet anticlinal sont formées de gneiss, de micaschistes, d'amphibolites, qui se montrent sous le Trias au Nord-Ouest du confluent de l'oued Mellah et de l'oued Zegota.

4° Dans le *Djebel Haricha* le Trias est surmonté des argiles à silex de l'Eocène inférieur. Ces mêmes argiles sont recouvertes par le Miocène inférieur dans la colline de Petitjean (près de Bab-Tiouka). *Le Miocène inférieur ne s'ennoie donc pas sous le Trias*.

5° Le Trias a été reconnu dans l'axe du pli liasique de sidi Kacem; sa

(1) G. Lecointre, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 556.

(2) Depéret et L. Gentil, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 21.

présence est décelée, dans celui de la gorge de Mouley Yacoub, par la source chaude. Dans l'anticlinal du Djebel Nador qui est parallèle aux deux précédents, le Trias a également été reconnu sous le Jurassique. Cet axe se poursuit vers le Sud dans le Jurassique de l'oued Beth et, entre cet oued et Tiflet, on observe la succession suivante : Jurassique, Trias, Permien, Carboniférien.

Ces faits, qui ne s'accordent pas avec les observations publiées par MM. L. Gentil, Lugeon et Joleaud (1), nous conduisent à penser que, dans cette région qui s'étend de l'oued Beth à l'oued Mikkès, *ni le Jurassique, ni le Trias ne sont charriés.*

GÉOLOGIE. — *Sur la limite permo-triasique dans le géosynclinal arménien-himalayen.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

La transition insensible formée par les *Otoceras beds* entre le Permien et le Trias dans l'Himalaya, seule région où fût connue, avant mes recherches en Arménie, la série permo-triasique fossilifère complète, avait jusqu'ici fait obstacle à la détermination, dans le géosynclinal himalayen, d'une limite précise entre les deux systèmes. La découverte des couches werféniennes que j'avais signalées d'abord à Djoulfa, en concordance sur les couches à *Otoceras* déjà connues de cette localité, ne fournit pas de données suffisantes pour permettre d'arriver à une conclusion, en raison de l'absence de fossiles déterminables dans les couches-limite.

La nouvelle série permo-triasique que je retrouvai ensuite dans le massif du Daralagœz (Oghbin, Djagri-tchaï supérieur), avec tous ses termes fossilifères, permet par contre l'établissement d'un parallélisme rigoureux avec l'Inde ; et c'est dans son examen que j'estime pouvoir trouver les éléments d'une coupure précise.

Si l'on est d'accord pour attribuer au Permien les *Otoceras* de Djoulfa en raison de leur association avec les *Productus*, l'âge des *Otoceras* de l'Inde a, par contre, été jusqu'ici âprement discuté par deux groupes de savants dont l'un (Diener) les considère comme triasiques, l'autre (Nœtling) comme permiens. Les deux camps adverses estiment l'un et l'autre trouver dans la comparaison avec Djoulfa des arguments en faveur de leur opinion respective : Nœtling invoque, à l'appui de l'âge permien du

(1) *Revue générale des Sciences*, 15 octobre 1918.

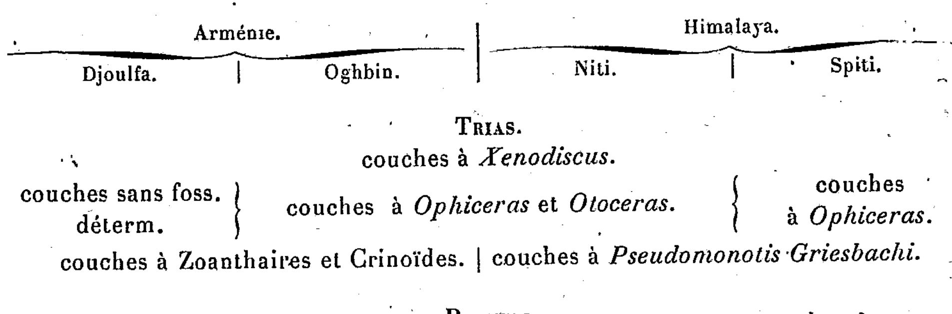
genre *Otoceras*, sa coexistence à Djoulfa avec les *Productus* et, pour Diener, les *Otoceras* de l'Himalaya sont triasiques, parce qu'ils ne sont pas accompagnés de *Productus*, comme ceux de Djoulfa, et qu'ils possèdent une cloison plus compliquée que celle de ces derniers.

Or j'ai démontré dans une précédente Note (¹), d'une part, que les *Otoceras* de l'Arménie, tant d'Oghbin que de Djoulfa, doivent être considérés, dans leur ensemble, comme se trouvant à un même stade d'évolution que ceux de l'Inde, et, d'autre part, que la présence des *Productus* doit être envisagée comme une question de faciès.

Dans ces conditions, on est tenté d'adopter l'avis de Nœtling et d'abaisser dans le Permien, au niveau de celles de Djoulfa, les couches à *Otoceras* de l'Himalaya, pour éviter d'entraîner dans le Trias toute une faune de Brachiopodes qu'il est d'usage de ranger dans le Paléozoïque. Mais, par contre, il semble malaisé de maintenir dans le Permien des formes himalayennes aussi nettement triasiques que les *Ophiceras*, inconnus hors du Trias inférieur, et les *Pseudomonotis* que Bittner met au niveau de ceux des couches de Seis. Quant au genre *Otoceras* lui-même, il ne peut être d'aucun poids dans l'un ou l'autre sens, car ses affinités ne sont pas plus marquées avec le Trias qu'avec le Permien. Sa cloison de Cératite ne peut être considérée comme l'éloignant des Ammonoïdés paléozoïques, car plusieurs autres Ammonoïdés permiens présentent une suture du même type ; d'un autre côté il est impossible de faire dériver de lui aucun genre triasique connu : c'est un genre que l'on peut considérer simplement comme formant un rameau latéral des Hungaritinés, éphémère et sans descendance; son développement est brusquement arrêté par l'épanouissement d'une faune nouvelle d'Ammonoïdés qui constitue la faune essentielle du Trias inférieur asiatique (*Ophiceras*, *Xenodiscus*, *Meekoceras*, ...) et que caractérisent les liens étroits réunissant entre eux ses principaux éléments.

En réalité, les tendances permiennes et triasiques de l'ensemble des couches à *Otoceras* apparaissent comme étant de valeur égale. On est donc bien ici en présence de couches de passage, où la faune triasique se substitue progressivement à la faune permienne. Il faut par conséquent s'attendre, suivant toute logique, à trouver une prédominance d'éléments à affinités permiennes dans la partie inférieure, et d'éléments à affinités triasiques dans la partie supérieure. C'est en effet ce que j'ai constaté en Arménie. Dans l'Himalaya d'ailleurs, à Niti, contrairement à l'opinion de Diener qui considère ses *Otoceras beds* comme un bloc indivisible, Nœtling distingue des subdivisions précises, parallèles à celles établies par von Krafft à Spiti, et qui présentent une concordance remarquable avec celles que j'ai observées à Oghbin. Ces subdivisions sont résumées dans le Tableau ci-après :

(¹) PIERRE BONNET, *Sur les relations entre les couches à* Otoceras *de l'Arménie (Transcaucasie méridionale) et celles de l'Himalaya* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 288).



Arménie.		Himalaya.	
Djoulfa.	Oghbin.	Niti.	Spiti.

Trias.

couches à *Xenodiscus*.

couches sans foss. déterm.	couches à *Ophiceras* et *Otoceras*.		couches à *Ophiceras*.

couches à Zoanthaires et Crinoïdes. | couches à *Pseudomonotis Griesbachi*.

Permien.

couches à *Otoceras* et *Productus*. | couches à *Otoceras Woodwardi*.

couches à *Productus*.

Il est clair que le complexe des couches renfermant le genre *Otoceras*, compris entre celles à *Productus* et celles à *Xenodiscus*, dont l'âge respectif est indiscuté, se partage en couches à *Otoceras* proprement dites, en bas, et couches à *Ophiceras* en haut, séparées ici par des couches à Zoanthaires et Crinoïdes, et là par un lit à Lamellibranches.

Or, dans les deux régions, les couches supérieures sont caractérisées par le genre *Ophiceras*, qui est partout ailleurs cantonné dans le Trias inférieur (Kachmir, Salt Range, Albanie, Oussouri, Idaho). Quant aux couches à Lamellibranches de l'Himalaya, elles sont caractérisées par *Pseudomonotis Griesbachi* Bittn., équivalant aux *Pseudomonotis* des couches de Seis d'après Bittner. Il y a donc bien là prédominance nette de formes triasiques.

Pour les couches à *Otoceras* proprement dites, à ne considérer que celles de l'Himalaya (zone à *O. Woodwardi*) seules, l'absence de formes nettement permiennes pourrait faire hésiter à leur assigner cet âge ; mais il faut insister sur ce fait que *ces couches représentent précisément un faciès bathyal du Permien supérieur, inconnu partout ailleurs*, tandis que les couches équivalentes d'Arménie, à Djoulfa et à Oghbin, sont chargées de *Productus* simplement parce qu'elles représentent le faciès néritique correspondant : et ici on ne peut qu'enregistrer la prédominance marquée des types permiens.

L'examen paléontologique amène donc bien à établir une division dans ces couches de passage, et à en attribuer la partie supérieure au Trias et la partie inférieure au Permien.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la pratique de la prévision du temps.* Note [1] de MM. L. **Dunoyer** et G. **Reboul.**

Dans une série de Notes présentées à l'Académie [2], nous avons discuté la valeur pratique des diverses règles que nous utilisions en Lorraine, pendant la guerre, pour faire de la prévision du temps. Aucune de ces règles, dans les conditions les plus favorables, ne présente un coefficient de certitude supérieur à 0,7 ou 0,8 : l'emploi de l'une quelconque d'entre elles ne permettra donc pas de faire une prévision présentant un coefficient de probabilité supérieur à 7 ou 8 sur 10. L'on conçoit cependant que, si l'on applique simultanément l'ensemble de ces règles, l'on augmente ce coefficient de probabilité. En outre, il devient possible de se faire une idée de la valeur de chacune des prévisions et même de lui affecter un coefficient arbitraire qui en indique la probabilité. Certains jours, la concordance des indications que donnent les diverses règles permet de prévoir le temps avec une quasi certitude; au contraire, dans d'autres cas, d'ailleurs assez rares, leur discordance ne permet pas d'énoncer une prévision avec une probabilité de succès acceptable.

Afin d'imposer l'emploi méthodique et systématique des diverses règles, nous préparons à l'avance un tableau groupant les manifestations météorologiques auxquelles s'appliquent ces règles.

Une fois reçus et classés les renseignements météorologiques des diverses stations, un aide remplit les lignes du tableau en inscrivant dans les colonnes correspondantes les régions que les renseignements intéressent et les perturbations météorologiques auxquelles ils se rapportent. Dans les colonnes « Favorable à... » ou « Défavorable à... » il note les modifications que l'application de la règle fait prévoir ou rejeter.

Nous extrayons de nos registres de prévision, à titre d'exemple, le tableau pour l'établissement de la prévision du 24 janvier 1917.

---

(1) Séance du 3 mai 1920.

(2) *Comptes rendus :* t. 165, 1917, p. 1068; t. 166, 1918, p. 45; t. 166, 1918, p. 124; t. 166, 1918, p. 293; t. 166, 1918, p. 423; t. 168, 1919, p. 356; t. 168, 1919, p. 457; t. 168, 1919, p. 621; t. 168, 1919, p. 785; t. 168, 1919, p. 947; t. 168, 1919, p. 1102; t. 169, 1919, p. 78; t. 169, 1919, p. 191; t. 170, 1920, p. 744.

TABLEAU I.

Règle.	Région intéressée.	Dû à	Favorable à	Coeffic.
		I. — Tendances barométriques.		
Hausse	Néant.			
Baisse	1° Golfe de Gênes, nord de l'Italie	Déplacement vers le Nord de B. P. Sardaigne	Déplacement vers le Nord, B. P. Sardaigne	1
»	2° Ouest de la France		Arrivée de la zone de baisse sur la France	1
		II. — Intensités des vents au sol.		
Forts et croissants	Golfes de Gênes et du Lion	Déplacement vers le Nord de B. P. Sardaigne	Déplacement vers le Nord B. P. Sardaigne	2
Forts et décroissants	Hollande, mer du Nord		Extension vers le Sud H. P. Norvège	1
Faibles et croissants	Espagne, ouest de la France		Arrivée zone de baisse sur France et Espagne.	2
Faibles et décroissants	Norvège	Présence de H. P.	Stabilisation H. P.	2
		III. — Rapport des intensités des vents aux tendances $\left(\frac{V}{T}\right)$.		
Hausse	Néant.			
Baisse	1° Golfe de Gênes, nord de l'Italie		Déplacement vers le Nord B. P. Sardaigne	3
»	2° Ouest de la France et de l'Angleterre		Arrivée zone baisse sur W France et Iles-Brit.	3
		IV. — Direction des vents au sol.		
Rotation des vents	Néant.			
Vents d'appel	Angleterre, SW France et W Espagne		Appel B. P. Sardaigne vers le Nord	4
		V. — Vents en altitude (sondages).		
Direction	Nord-Est en bas	H. P. Norvège		
»	Est en haut	B. P. Sardaigne	Déplacement vers le Nord B. P. Sardaigne	5
Intensité	Faible en bas	H. P. Norvège		
»	Fort en haut	B. P. Sardaigne		
		VI. — Nébulosité.		
Zones d'éclaircies	Islande-Norvège	H. P. Norvège	Stabilisation H. P. Norvège	3
Zones de pluie	Corse	Déplacement vers le Nord de B. P. Sardaigne		
		VII. — Cirrus.		
Direction	Néant.			
Vitesse	Néant.			
		VIII. — Températures.		
Basses ou en baisse	Danemark		Déplacement vers le Sud B. P. Norvège	4
Hautes ou en hausse	Nord de l'Italie		Déplacement vers le Nord B. P. Sardaigne	6
» » »	Ouest de la France		Arrivée zone de baisse sur Ouest France	4

Conclusions.

I. H. P. Norvège sera stable et s'étendra légèrement vers le Sud.	4
II. B. P. Sardaigne s'élèvera vers le Nord	6
III. Arrivée d'une zone de baisse sur les Iles-Britanniques, l'Ouest de la France et l'Espagne	4

Les renseignements météorologiques indiquent, ce jour-là, l'existence d'une dépression sur le nord de l'Afrique et de la Sardaigne, et une tendance à la baisse barométrique sur le Golfe de Gênes et le nord de l'Italie. La région intéressée par l'application de la règle des tendances est l'Italie; la tendance à la baisse paraît être due à la dépression qui est sur le nord de l'Afrique et la Sardaigne et elle est favorable à l'arrivée de cette dépression sur l'Italie. L'application des autres règles se fera systématiquement de la même manière.

Quand l'examen des renseignements est terminé et le tableau rempli, il suffit de relever dans les colonnes « Favorable » ou « Défavorable » les modifications météorologiques à prévoir ou à rejeter. On obtient ainsi les conclusions de la discussion. Il paraît clair que lorsque toutes les règles feront prévoir pour une région la même modification, cette dernière sera hautement probable. Au contraire, si l'application de règles différentes amène à des conclusions opposées, la probabilité de la modification météorologique prévue sera faible; il y aura alors discussion, et dans cette discussion il faudra faire intervenir les coefficients de certitude des diverses règles employées. Nous avons du reste indiqué que ces coefficients dépendent essentiellement des circonstances de saison et d'orientation géographique qui ont été précisées pour chaque règle ([1]).

Cette manière de procéder impose l'utilisation de tous les renseignements que la météorologie peut nous fournir. Elle limite l'intuition, qui constitue la plus grande part des méthodes actuelles de prévision du temps. Elle habitue à préciser les raisons des modifications météorologiques que l'on prévoit et permet souvent de retrouver l'origine des échecs que l'on subit. Les circonstances nous ont montré qu'elle est facilement enseignable et qu'elle permet de faire de la prévision sans qu'un long apprentissage soit nécessaire. En l'utilisant régulièrement, nous avons pu rapidement établir des prévisions avec autant de succès qu'aurait pu le faire le professionnel le mieux averti.

Enfin, nous avons cru utile d'indiquer cette manière de discuter une carte météorologique, parce qu'elle nous paraît constituer une ébauche grossière de ce que devrait être une méthode rationnelle de prévision du temps, et qu'elle indique assez nettement le sens dans lequel devraient être orientés les efforts de ceux que tente la météorologie pratique.

([1]) *Comptes rendus*, loc. cit.

CHIMIE AGRICOLE. — *Influence de la stérilisation partielle sur la composition de la flore microbienne du sol.* Note de MM. **G. Truffaut** et **H. Bezssonoff**, présentée par M. L. Maquenne.

Les recherches de Russell et Hutchinson, confirmées par d'autres expérimentateurs anglais et américains et quelques travaux personnels, ont établi qu'au laboratoire et dans les cultures expérimentales la stérilisation partielle obtenue par la chaleur ou par des agents chimiques a pour effet la diminution du nombre des protozoaires du sol et l'augmentation de celui des bactéries.

Nos dernières expériences avec le sulfure de calcium à la dose de 150^{kg} à l'hectare et les carbures aromatiques (toluène, cymène, naphtalène), employés isolément et à la même dose, ont pu confirmer ces données déjà existantes et en fournir quelques-unes de nouvelles.

Ainsi, dans les 12 heures qui suivirent l'application des corps partiellement stérilisants (CaS, ortho et métacrésols dichlorés) la population bactérienne diminua des $\frac{3}{4}$ et même des $\frac{4}{5}$ (de 15 à 20 millions par gramme, en moyenne, à 3 ou 5 millions). Mais après cette période la multiplication des bactéries fut telle qu'au bout de 8 jours leur nombre était devenu 6 à 8 fois plus élevé que dans les terres non traitées (120 à 165 millions par gramme).

Il est à noter que les conditions d'aération dans lesquelles se trouve la terre influent notablement sur le développement de la population microbienne.

C'est ainsi que dans une expérience faite en serre dans des pots contenant 500^{g} de terre, 0^{g},5 de sulfure de calcium et autant de naphtalène, nous avons vu le nombre des bactéries, qui était de 19 millions par gramme dans le témoin avant traitement, atteindre, au maximum, 165 millions huit jours après traitement. Mais le 12e jour ce chiffre n'était plus que de 50 millions par gramme, et vers la sixième semaine de 20 millions, se rapprochant ainsi de celui du témoin (12 millions).

Par contre, dans une expérience parallèle répétée dans des pots contenant 3^{kg} de terre, exactement dans les mêmes conditions que la première, le nombre des bactéries atteignit son maximum le 8e jour (120 millions par gramme), comme dans la première expérience, mais le 12e jour on en comptait encore 105 millions, et au bout de six semaines 40 millions, le

double des chiffres correspondants dans la première expérience, alors que le témoin non traité en accusait 11 millions et demi.

Enfin un comptage en pleine terre fait une année après application du même mélange stérilisant (CaS et naphtalène) montra qu'une différence, quoique faible, existait encore : 14 millions pour le témoin et 15 millions et demi pour la terre traitée.

Ces faits permettent de supposer que ce sont surtout les races anaérobies qui forment la majorité de la population microbienne constante qui se développe après stérilisation partielle du sol. Le ferment nitrique paraît généralement détruit.

Une autre constatation expérimentale concernant les mêmes données est apportée par le fait suivant.

Nous avons rencontré au cours des numérations bactériennes dans la terre traitée par le sulfure de calcium et le naphtalène le *Bacillus butyricus* de Pasteur, formant jusqu'à 45 pour 100 de la population microbienne totale, alors que dans la terre non traitée, examinée parallèlement, cette proportion ne formait pas plus de 5 à 10 pour 100 du nombre total.

Le *B. butyricus* se présente sous la forme de petites colonies de 2^{mm} de diamètre environ, de couleur ivoire, profondément enfoncées dans la couche de gélose. Ce sont des colonies symbiotiques contenant toujours en faible proportion une espèce aérobie.

D'autre part nous devons noter que parmi les espèces les plus fréquemment rencontrées après stérilisation partielle se trouvent les *B. mégathérium*, *mycoïdes*, *arborescens*, les *M. ochraceus* et *luteus*, avec apparition sporadique du *B. fluorescens liquefaciens*.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Solanacées. Développement de l'embryon chez les* Hyoscyamus *et* Atropa. Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

La marche des segmentations chez l'*Hyoscyamus niger* L., l'*Hyoscyamus albus* L. et l'*Atropa Belladona* L. est comparable à celle qui a été décrite au sujet des *Nicotiana* (¹). Une différence remarquable réside cependant dans

(¹) R. Souèges, *Embryogénie des Solanacées. Développement de l'embryon chez les* Nicotiana (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1125). Se reporter aux figures schématiques qui accompagnent cette Note.

le mode de génération des initiales de l'écorce et du cylindre central au sommet radiculaire.

La tétrade, chez les trois nouvelles espèces examinées, se montre constituée de quatre éléments superposés, *l*, *l'*, *m*, *ci*, résultant du cloisonnement transversal des deux cellules, apicale et basale, du proembryon bicellulaire. Les quadrants se disposent en deux étages de deux éléments et les octants se forment par segmentation longitudinale des quadrants. Les deux cellules inférieures, *m* et *ci*, se divisent pour donner quatre cellules superposées, *h*, *h'*, *n* et *n'*. Chez l'*Atropa Belladona*, comme chez les *Nicotiana*, ces dernières segmentations sont généralement terminées quand les octants sont déjà différenciés; à cette période du développement, le proembryon est donc composé de douze éléments comme chez l'*Œnothera biennis*, la puissance égale de division des premiers blastomères commençant à disparaître dès le stade des quadrants. Chez les *Hyoscyamus*, les quatres cellules *h*, *h'*, *n* et *n'* sont déjà séparées au moment de la formation des quadrants et, lorsque se constituent les octants, la cellule *h* s'est divisée verticalement, l'une des trois autres cellules inférieures s'est cloisonnée transversalement, de sorte que, à ce stade, le proembryon se montre généralement composé de quatorze cellules environ.

La cellule *h* représente l'hypophyse et son mode de division est semblable à celui qui a été observé chez les *Nicotianà;* la coiffe se différencie selon des règles identiques.

Dans les huit octants, la première cloison est tangentielle et sépare le dermatogène. Chez l'*Atropa Belladona*, elle est parfois horizontale, dans les octants inférieurs, donnant naissance à deux cellules superposées qui se cloisonnent ensuite tangentiellement. Les segmentations dans la cellule intérieure de l'octant supérieur ont lieu, chez les *Hyoscyamus*, comme chez les *Lepidium* et les *Nicotiana*. Chez l'*Atropa Belladona*, la première cloison est généralement horizontale, ce qui change la position des deux cellules-filles d'apparence, l'une, triangulaire, l'autre, quadrangulaire : celle-ci se montre couchée sur le plan horizontal de séparation des deux étages *l* et *l'*; celle-là occupe, au voisinage du sommet, l'angle compris entre l'axe et la paroi interne du dermatogène. Au terme des segmentations suivantes, cette différence se trouve effacée.

Dans les cellules intérieures des quatre octants inférieurs, la séparation du périblème et du plérome ne se produit qu'après formation d'une paroi horizontale engendrant deux groupes de quatre cellules superposées. Les cellules du groupe supérieur se divisent deux fois verticalement en direction

rectangulaire, donnant ainsi naissance à quatre cellules circumaxiales de plérome et à huit cellules de périblème. Chacun des éléments du groupe inférieur se segmente par une cloison courbe, en verre de montre, prenant insertion sur la paroi horizontale supérieure et sur la paroi verticale méridienne. Il se constitue de la sorte deux cellules très dissemblables de forme et de dimensions : l'une, plus petite, d'aspect triangulaire, occupe l'angle supérieur interne de la cellule-mère, l'autre, plus grande, de section irrégulièrement pentagonale, extérieurement placée par rapport à sa sœur, isole cette dernière, à la fois du dermatogène et de l'hypophyse. La première représente une initiale de plérome; la deuxième, une initiale de périblème. Chez l'*Atropa Belladona*, au lieu d'une cloison courbe, il se forme parfois une cloison verticale qui divise la cellule en un élément externe de périblème et en un élément interne, voisin de l'axe; celui-ci, par segmentation transversale, engendre une initiale de périblème et une initiale de plérome.

Quoi qu'il en soit de ces variations, les origines et les destinées des premiers blastomères sont exactement les mêmes dans les trois genres : *Nicotiana*, *Hyoscyamus*, *Atropa*. Les huit octants proviennent de la cellule apicale du proembryon bicellulaire; ils donnent naissance aux parties, cotylée et hypocotylée, et aux initiales de l'écorce à l'extrémité radiculaire. La cellule *h*, d'où dérive l'hypophyse, est la cellule-fille supérieure de *m*, qui engendre directement le tissu de pénétration chez les Renonculacées et chez l'*OEnothera biennis*. On sait que, chez le *Capsella Bursa-pastoris*, la cellule hypophysaire est une descendante, au troisième ou quatrième degré, de la cellule intermédiaire, *m*, de la tétrade. Le suspenseur proprement dit tire son origine, chez les Solanacées, de la cellule-fille inférieure de *m* (*h'*) et des deux éléments *n* et *n'*, issus du cloisonnement transversal de la cellule inférieure, *ci*, de la tétrade. Chez les Renonculacées et chez l'*OEnothera biennis*, il provient exclusivement de cette dernière cellule; chez le *Capsella Bursa-pastoris*, il est engendré par la cellule *ci* et par cinq ou six éléments, d'âge différent, issus de *m*.

Tognini ([1]), en 1900, a étudié le développement de l'embryon de la Belladone; il a très nettement déterminé l'origine des initiales de l'écorce aux dépens de l'hémisphère hypocotylé, mais ses descriptions des segmentations cellulaires ne font nullement ressortir la régularité et la généralité des lois qui président à l'édification de l'embryon.

([1]) F. Tognini, *Sull'embriogenia di alcune Solanacee* (*Atti del Istituto botanico di Pavia*, 2e série, t. 6, 1900, p. 109).

BOTANIQUE. — *Constitution du système vasculaire des Fougères, des Ptéridospermées et de toutes les Phanérogames anciennes.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. L. Guignard.

I. Dans une Note récente ([1]), nous avons examiné le cas des végétaux, anciens ou primitifs, qui possèdent un bois primaire centripète très développé dans telle ou telle partie du corps (ex. : *Sphenophyllum*, *Lycopodium*). Nous avons conclu que leur organisation était conforme aux idées les plus modernes sur l'évolution morphologique des végétaux vasculaires. La même conclusion se dégage de l'étude de beaucoup d'autres types : toutes les Fougères et toutes les Ptéridospermées nous fournissent des exemples d'élaboration du stipe et de la fronde par des phénomènes répétés de coalescence (ou de division incomplète) ([2]), de condensation et de réduction ([3]). Le corps de ces plantes nous apparaît, en effet, comme constitué par des cladodes, de nature variable suivant les régions considérées et suivant les types étudiés.

II. *Structure axiale primitive des Fougères et des Ptéridospermées.* — Dans les axes les plus simples que l'on puisse imaginer, le système vasculaire sera : soit un *faisceau primitif*, soit un *petit faisceau mésarque*, soit un *gros faisceau mésarque*. Ce dernier état est le plus intéressant à considérer, parce qu'il paraît représenter l'état primitif le plus fréquent du système vasculaire chez les végétaux en question et parce qu'il conduit à l'énoncé le plus général (ci-dessous, § III).

Le faisceau mésarque, ou protostèle à pôle central ([4]), comprend un cordon de protoxylème (faisceau primitif), enveloppé d'une épaisseur notable de métaxylème primaire centrifuge ; le liber est concentrique au bois. Cette structure se rencontre localement chez plusieurs types, que l'on regarde pour cette raison comme plus primitifs que les autres :

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1001.

([2]) Nous avons dit ce qu'il fallait entendre par ces expressions (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1002).

([3]) Comme exemple particulièrement frappant, il faut citer les Ophioglossales, qui sont dérivées par condensation et réduction d'un type marattien ou botryoptéridien.

([4]) Nous confirmons pleinement les vues de M. Tansley, relatives à l'état primitif du système vasculaire chez les Fougères [A. G. Tansley, *Lectures on the evolution of the filicinean vascular system* (*New Phytologist*, t. 6, 1907, p. 57, 116, 136, etc.)].

1° Le système vasculaire foliaire de la plupart des Inversicaténales (Zygoptéridées et Botryoptéridées) est, sur une partie de son trajet entre la stèle centrale et la surface, à l'état de faisceau mésarque; 2° il en est de même chez les Osmondacées anciennes (*Thamnopteris*) et même chez les Osmondacées actuelles, à la condition de ne considérer que les premières feuilles (*Osmunda regalis*, d'après Gwynne Vaughan, 1911); 3° dans certaines tiges de *Botryopteris* (*B. cylindrica* Will.), le système vasculaire est une protostèle qui, sur une étendue plus ou moins longue, est pourvue d'un seul pôle central [1].

III. *Le système vasculaire des Fougères et des Ptéridospermées est, sur une grande partie de son étendue, une combinaison de faisceaux mésarques, offrant ce caractère, que le métaxylème primaire, composé de grosses trachéides, est développé excentriquement.*

Cette proposition peut être rendue plus générale, si l'on observe que les faisceaux endarques (c'est-à-dire à pôle situé sur le bord interne du bois) des pétioles de Fougères et les faisceaux exarques (c'est-à-dire à pôle situé sur le bord externe) des pétioles de Cycadées ne sont que les modifications extrêmes des faisceaux mésarques.

IV. *Distinction fondamentale entre les Fougères et les Phanérogames anciennes.* — C'est précisément dans la nature de l'excentricité du métaxylème primaire (c'est-à-dire des grosses trachéides) que réside la seule différence anatomique essentielle entre les Fougères et les Phanérogames anciennes : le faisceau endarque ou *divergeant filicinéen* à bois primaire *centrifuge* et tangentiel s'oppose en effet directement au faisceau exarque ou *divergeant cycadéen* à bois primaire *centripète* et tangentiel.

V. *Phanérogames.* — Les Phanérogames les plus primitives possèdent toutefois des faisceaux mésarques [2], mais dans lesquels le pôle, au lieu d'être toujours central, peut être plus ou moins rapproché du bord externe. Nous citerons : 1° les Pityées, types plus primitifs que les Cordaïtées; 2° parmi les Ptéridospermées : les Calamopityées, les Lyginodendrées, les Médullosées primitives (*Sutcliffia*), les Sténomyélées, les Rhétinangiées, etc. — Les types plus évolués possèdent au contraire des faisceaux exarques. Nous citerons : les Poroxylées (tiges et feuilles), les Cordaïtées (feuilles), la plupart des Médullosées (pétioles), les Cycadophytes (pétioles).

---

(1) Il est très probable que si l'on pouvait étudier le développement des jeunes tiges des Inversicaténales, on trouverait de nombreux exemples du même genre.

(2) Elles présentent donc des analogies incontestables avec les Fougères les plus primitives.

Chez les Phanérogames plus évoluées encore, le développement du bois secondaire entraîne la réduction et la disparition de tout le bois primaire, à l'exception des cordons de protoxylème.

VI. *Ptéridophytes.* — Les Fougères sont tellement variées, que chaque type exigerait une explication particulière. Nous examinerons seulement les formes les plus caractéristiques de systèmes vasculaires :

1° Rhizome de *Gleichenia dicarpa :* couronne de faisceaux mésarques, unis au centre par un tissu ligneux de conjonction (grosses trachéides et fibres primitives). — 2° Tige de *Thamnopteris :* couronne de faisceaux mésarques entourant une couronne de grosses trachéides et une moelle (chaque faisceau mésarque est une *trace foliaire*). — 3° Tiges et pétioles d'*Angiopteris :* cercles *emboîtés* de faisceaux endarques ou mésarques, avec liber concentrique au bois. — 4° Pétioles des Osmondacées : arc vasculaire en fer à cheval, formé par un système de faisceaux primitifs ou de *petits* faisceaux mésarques, augmentés de métaxylème centrifuge. Vers le bas, le même système plus condensé peut se réduire à un seul gros faisceau mésarque (voir ci-dessus : *Thamnopteris*). — 5° Pétioles des Cyathéacées : combinaison de divergeants filicinéens, mais par suite des plissements très accentués du système, ce sont les parties tangentielles (ailes des divergeants), qui sont plus développées que les parties centrifuges; ce sont elles qui assurent et prolongent les contacts entre les différentes unités du système vasculaire. Si les ailes des divergeants sont très refoulées, les grosses trachéides peuvent être rejetées en direction centripète par un phénomène secondaire (divergeants fermés avec ou sans liber interne).

En somme, c'est la faculté de développer le métaxylème primaire *de conjonction* dans telle ou telle direction : centrifuge, tangentielle, voire même centripète, qui a permis aux Fougères de s'adapter à des conditions très variées. La faculté de produire du bois secondaire en quantité illimitée et dans toutes les parties du corps a donné aux Phanérogames des avantages analogues, mais bien supérieurs à ceux des Fougères.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Stabilité et fertilité de l'hybride* Geum urbanum *L.* × G. rivale *L.* Note de M. L. **Blaringhem**, présentée par M. L. Guignard.

Plusieurs botanistes ont décrit l'espèce *Geum intermedium* Ehrh. Malgré la fertilité continue et les caractères tranchés des plantes réunies dans ce groupe, on est d'accord pour leur attribuer une origine hybride. D'après Crépin, elles se forment spontanément dans les jardins botaniques ; Gaertner (1849), puis Godron (1865), ont réalisé artificiellement la fécon-

dation illégitime des ovaires de *Geum urbanum* L. par le pollen de *Geum rivale* L.; ils ont obtenu des descendants fertiles du type *G. intermedium*.

J'ai fécondé avec succès, en 1908, les fleurs castrées d'une plante de *G. urbanum* croissant à l'état sauvage à Bourg-la-Reine (Seine) par le pollen d'un *G. rivale* provenant du Muséum. Le semis d'une vingtaine d'akènes bien noués n'a donné que trois plantes (F_1) uniformes, peu florifères en 1910, trés fertiles en 1911 et 1912. Les graines provenant des trois hybrides cultivés côte à côte et isolés m'ont fourni en 1912 plus de 100 plantes; 41 vivent encore (F_2) au Laboratoire de Chimie végétale de Meudon (Seine-et-Oise); elles forment un lot homogène n'offrant aucune des disjonctions observées par Mendel sur les hybrides de *Pisum*, ou par Naudin sur les hybrides de *Linaria*. Pour diverses raisons, j'ai rapproché (¹) ces *hybrides mixtes* des formes stables obtenues à la suite du croisement d'espéces d'*Aegilops* et de *Triticum*; mes observations complètent et précisent les analogies :

1° *L'uniformité des caractères végétatifs est absolue.* — Les plantes (F_2), plus fortes que les parents, donnent des touffes d'au moins 20^{cm} de diamètre. Les feuilles de rosette, simples, à limbe terminal large et rond, sont suivies de feuilles à 3, puis à 5 lobes modérément velus; les petites folioles échelonnées sur les pétioles de *G. rivale* manquent chez les hybrides comme chez *G. urbanum*. Les hampes florales apparaissent tôt, deux semaines avant celles des parents; elles portent des feuilles à courts pétioles divisées en trois segments; les stipules sont caractéristiques, intermédiaires par la taille et le contour entre les stipules très distinctes des parents. Le port penché des grappes jeunes, les boutons coniques, pourpres et velus rappellent *G. rivale*, mais les ramifications et les fleurs sont plus nombreuses. La grande vigueur, la longue floraison et la pérennité accusée sont des caractères comparables à ceux de l'hybride stérile *Digitalis luteo-purpurea* cultivé dans le même jardin.

2° *La fertilité des hybrides paraît complète.* — Contrairement à Gaertner et à Godron, je n'ai pas obtenu d'individus stériles; je n'ai pas davantage observé, comme Naudin sur ses hybrides de *Datura*, l'avortement ou la chute prématurée des premières fleurs. Celles-ci sont grandes; elles s'épanouissent successivement et régulièrement durant plus de cinq semaines. Les carpelles velus, groupés en houppe, portent des styles coudés aux deux tiers de leur longueur, la portion basilaire étant glabre comme chez *G. urbanum*, la portion terminale fortement velue et effilée comme chez *G. rivale*. Les carpophores varient notablement; ils ont 10^{mm} et plus sur 5 plantes, 3 à 9 sur 22 plantes; les carpelles des autres plantes sont sessiles comme ceux de

---

(¹) L. Blaringhem, *Les problèmes de l'hérédité expérimentale*, Paris, 1919; Ch. III : L'hérédité mixte ou la production de nouvelles espèces élémentaires par le croisement.

G. urbanum. Contrairement à l'opinion de Focke (1881), il y a bien des individus *dolichopogon* et des individus *brachypogon*, et une même descendance fournit tous les intermédiaires entre les deux types.

3° *Le pollen de tous les hybrides est partiellement avorté.* — Godron affirme que les anthères de l'hybride F_1 sont pourvues de pollen normal. En 1920, j'ai examiné le pollen de chacun des 41 hybrides F_2, à trois reprises et à plusieurs semaines d'intervalle; j'ai trouvé :

Pollen avorté pour 100.	10.	20.	30.	40.	50.	60.	70.
Plantes (F_2).......	3	14	16	6	1	0	1

En moyenne, 25 pour 100 des grains de pollen sont avortés; mais les insectes butineurs transportent le pollen actif d'une plante à l'autre et tous les carpelles nouent.

4° *Les variations dans le port, la taille et le coloris des fleurs traduisent des tendances individuelles en vue de la fécondation.* — Les fleurs penchées de *G. rivale* favorisent la fécondation directe; les fleurs dressées à pétales étalés de *G. urbanum* la fécondation croisée. Les hybrides F_2 sont mixtes : 12 ont les fleurs penchées jusqu'à la fanaison et sont remarquables par leurs pétales petits (8^{mm} à 12^{mm}), imbriqués, jaunes pâle sur fond rose ; les fleurs des 29 autres, d'abord penchées, se redressent plus ou moins selon leur durée et étalent leurs pétales grands (12^{mm} à 15^{mm}) jaunes pâle lavé de rose, ou jaunes vif, ou encore jaunes ochracés. Les différences, très apparentes, paraissent liées à la pollinisation plus ou moins rapide des carpelles. Comme cas extrême, j'ai noté 3 plantes offrant de 1 à 5 étamines pétaloïdes dans chacune de leurs fleurs dressées.

En résumé, *au point de vue morphologique*, la descendance F_2 de l'hybride *Geum urbanum* × *G. rivale* est uniforme et régulièrement fertile. Ses caractères mixtes sont suffisamment distincts de ceux des parents pour fournir une diagnose précise ; on doit la décrire comme *une bonne espèce systématique* puisqu'elle croît et se propage sans variations à l'état sauvage. *Au point de vue physiologique*, la lignée que j'étudie se comporte comme une descendance hybride ; tous les individus donnent une proportion notable de pollen avorté ; ils offrent, au cours de la floraison, des tendances individuelles soit à la fécondation directe, soit à la fécondation croisée et même à la duplicature. Par isolement et semis répétés j'espère obtenir plusieurs races physiologiques du *Geum intermedium* Ehrhart.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les rois et reines du Termite lucifuge* (Leucotermes lucifugus *Rossi*). Note de M. J. Feytaud, présentée par M. P. Marchal.

Le Termite lucifuge est commun en France dans tout le Sud-Ouest. Ses habitats de prédilection sont les souches de Pin de la forêt landaise et les bois de construction des édifices urbains.

La reproduction de cet insecte, telle qu'on la connaît aujourd'hui, offre une particularité remarquable : elle semble couramment dévolue à des sexués néoténiques et la présence de rois et de reines proprement dits serait tout à fait exceptionnelle. Ceux-ci, connus seulement par un petit nombre d'échantillons, sont réputés fort rares.

Léon Dufour, qui pendant de longues années explora les landes de Gascogne, démolit vainement des quantités de souches avant de pouvoir recueillir une reine (1).

Joly (2) n'en découvrit aucune.

Lespes (3), plus favorisé, dit en avoir réuni quatre.

Son affirmation fut mise en doute par Grassi (4), qui, n'ayant jamais trouvé de rois ni de reines au cours de ses longues recherches, considéra leur absence comme constante chez le Termite lucifuge.

Jean Perez (5) obtint cependant l'ébauche d'une colonie nouvelle avec un couple d'imagos, et Heath (6) observa la formation de quelques jeunes colonies.

J'ai démontré moi-même (7) le rôle fondateur des essaimants en suivant des couples pendant 18 mois au laboratoire; je découvris d'ailleurs en pleine

(1) Joly, *Recherches pour servir à l'histoire naturelle et à l'anatomie des Termites* (*Mém. de l'Acad. des Sciences de Toulouse*, t. 5, 1849, p. 37).

(2) *Ibid.*

(3) Lespes, *Recherches sur l'organisation et les mœurs du Termite lucifuge* (*Ann. des Sciences naturelles : Zoologie*, t. 5, 1856).

(4) Grassi e Sandias, *Costituzione e sviluppo della societa dei Termitidi* (*Atti Accad. Gioena Sc. nat.*, t. 6 et 7, 1893).

(5) J. Perez, *Sur la formation de colonies nouvelles chez le Termite lucifuge* (*Comptes rendus*, t. 119, 1894, p. 804).

(6) Heath, *The habits of California Termites* (*Biol. Bull.*, t. 4, 1903, p. 47-63).

(7) J. Feytaud, *Formation de colonies nouvelles par les sexués essaimants du Termite lucifuge* (*C. R. Soc. de Biologie*, 1910).

nature deux couples jeunes entourés chacun d'une petite famille, et deux reines âgées dans des colonies populeuses ([1]).

Je considérais toutefois la présence de sexués néoténiques comme étant la règle générale dans les nids du type courant de la forêt landaise, qui sont souvent formés par bouturages successifs aux dépens de vieilles colonies. Mais je pensais que « le roi et la reine vrais sont moins rares qu'il ne paraît au premier abord, parce qu'il est très difficile de les découvrir dans des nids irréguliers, volumineux, étendus à plusieurs souches ou à plusieurs pièces de bois ».

Reprenant la question sur des données nouvelles, après la longue interruption de la période de guerre, je crois être parvenu à résoudre le problème de la rareté apparente des rois et des reines chez notre Termite.

En disséquant des souches de Pin choisies dans des conditions variées, à divers stades de vieillissement et d'infection, j'ai étudié de nombreuses colonies d'essaimage, c'est-à-dire des colonies incontestablement fondées par des imagos, et dans beaucoup d'entre elles j'ai retrouvé ces imagos à l'état de roi et de reine.

Il ne s'agit point ici de petits fondateurs pris quelques mois après le vol au milieu d'un groupe restreint de descendants; il s'agit de rois et de reines en plein fonctionnement génital, celles-ci pourvues d'un gros abdomen et pondant 100 œufs et plus par jour, dans une colonie déjà populeuse.

Pour donner une idée de la fréquence des individus royaux dans les conditions où je me suis placé, je signale qu'en trois jours, sur une cinquantaine de colonies d'essaimage examinées et dont la fondation date de 1918, j'ai recueilli trente reines et douze rois. L'infériorité du nombre des rois capturés tient à la petite taille et à la teinte foncée générale, qui rendent leur découverte plus ardue, ainsi qu'à leur agilité qui leur permet de se perdre dans la terre au pied des souches ou de s'enfuir dans les galeries du bois.

Mes observations présentes confirment l'opinion que j'avais émise en 1912; elles démontrent que la fondation de colonies nouvelles par les imagos essaimantes du Termite lucifuge est assez commune dans la nature et que l'existence de rois et de reines, niée par Grassi, n'est même pas une rareté si on les recherche dans les colonies de formation récente.

([1]) J. Feytaud, *Contribution à l'étude du Termite lucifuge* (*Arch. d'Anat. microscop.*, t. 13, 1912).

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Lésions pulmonaires déterminées par les gaz suffocants.* Note (¹) de MM. **A. Mayer**, **A. Guieysse** et **E. Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

Les gaz suffocants, tels qu'ils ont été définis dans la précédente Note de A. Mayer, déterminent, lorsqu'ils parviennent au contact des tissus pulmonaires, des lésions plus ou moins importantes dont l'aspect et l'évolution sont nettement distincts suivant que l'on considère l'arbre bronchique ou le tissu respiratoire proprement dit.

I. *Lésions de la trachée et des bronches.* — Une atteinte légère de l'épithélium trachéal ou bronchique par un gaz suffocant se traduit uniquement par des altérations cytologiques que F. Moreau a pu mettre en évidence; altérations du revêtement ciliaire dont les éléments paraissent agglutinés; altérations du cytoplasma qui paraît homogène tandis que les limites cellulaires s'effacent; altérations du chondriome enfin, dont les éléments semblent se raréfier ou au contraire se condenser en quelques granulations plus volumineuses qu'à l'état normal. On note encore fréquemment l'hypertrophie des cellules à mucus.

Si l'atteinte a été plus sévère, les cellules épithéliales nécrosées se détachent du chorion soit isolément (dissociation par les vapeurs nitreuses), soit en nappes (chlore, phosgène, etc.). La sous-muqueuse est toujours en ce cas le siège de phénomènes inflammatoires aigus : congestion, œdème plus ou moins marqué qui distend le stroma conjonctif et peut s'étendre aux cloisons interlobulaires, infiltration leucocytaire enfin.

La réparation de ces lésions banales des muqueuses bronchiques est la règle dans tous les cas où le tissu pulmonaire tout entier n'est pas le siège de lésions trop profondes. Elle s'effectue par les processus connus : multiplication des éléments épithéliaux demeurés sains et reconstitution d'un épithélium qui peut être, dans certains cas, du type pavimenteux stratifié.

II. *Lésions du parenchyme pulmonaire.* — La constitution de l'épithélium respiratoire proprement dit rend particulièrement difficile l'étude des premières lésions cytologiques déterminées par l'action légère d'un gaz suffocant. Uniquement visible chez les cellules granuleuses que l'on observe çà

(¹) Séance du 3 mai 1920.

et là sur la paroi alvéolaire, nous avons pu cependant les mettre en évidence soit sur le tissu vivant, soit encore sur les pièces fixées en étudiant avec F. Moreau les variations du chondriome. Mais ces atteintes légères, qui altèrent sans la tuer la cellule épithéliale granuleuse, ont un retentissement remarquable; cette cellule réagit par sa multiplication; on observe alors la formation d'épithéliums qui recouvrent plus ou moins complètement la paroi de l'alvéole, mais dont les cellules se distinguent nettement de celles des épithéliums bronchiques terminaux par la présence de globules lipoïdes. Cette réaction épithéliale se manifeste plus souvent encore par le détachement des cellules granuleuses nouvellement formées, lesquelles peuvent occuper toute la cavité alvéolaire et simuler ainsi des masses épithéliomateuses, ou bien encore se transformer en phagocytes macrophages et même en cellules géantes multinucléées. Ce tableau est celui de l'alvéolite catharrale dont les aspects sont parfois remarquables.

Si l'atteinte du parenchyme pulmonaire est plus forte, on observe d'autres lésions; c'est d'abord, et toujours, la congestion plus ou moins intense, allant de la simple hyperhémie capillaire à l'hémorragie alvéolaire et à l'infarctus. C'est ensuite l'œdème pulmonaire, l'inondation rapide de quelques alvéoles, d'un lobule ou d'un vaste territoire tout entier, par un transsudat séreux, clair, d'aspect spumeux s'il est encore mélangé d'air résiduel, d'aspect massif si l'inondation est plus importante. Les caractères macroscopiques du poumon distendu, pâle et sans élasticité, sont d'ailleurs caractéristiques en ce cas. Cet *œdème aigu*, apparaissant très peu de temps après l'atteinte du poumon, est la lésion *la plus caractéristique déterminée par les gaz suffocants*; c'est en même temps la lésion la plus importante, puisqu'elle frappe de vastes territoires pulmonaires d'incapacité fonctionnelle.

Si l'on examine un poumon œdématié prélevé 3 à 4 heures après l'atteinte par le gaz, on constate déjà l'apparition de leucocytes polynucléaires dans le transsudat ainsi que la présence de quelques cellules libres : cellules épithéliales granuleuses ou à poussière. Cette infiltration précoce s'accentue ultérieurement et, dans les jours qui suivent, les lobules inondés de transsudat séreux ou sérofibrineux peuvent être transformés en un bloc purulent souvent infecté, et dans lequel la charpente élastique reste le seul vestige de la structure du tissu pulmonaire. Ces masses purulentes refluent parfois dans les bronchioles qui peuvent être totalement obstruées.

Les lésions que nous venons de décrire se réparent toujours lorsqu'elles ne sont ni trop étendues ni trop profondes. Le transsudat se résorbe et les

leucocytes transformés en globules du pus sont éliminés par les voies bronchiques. Mais des lésions nouvelles ont pu apparaître tardivement. La réaction épithéliale a pu édifier, par la multiplication des cellules granuleuses, un épithélium cuboïde qui tapisse les alvéoles demeurées en collapsus; c'est alors l'atélectasie typique. Ou bien les éléments conjonctifs des parois alvéolaires ont eux aussi pris part à la réaction; les fibroblastes ont pénétré les coagulums fibrineux formés dans les alvéoles inondées de transsudat et l'ont organisé peu à peu en un bourgeon conjonctif vascularisé et parfois recouvert d'éléments épithéliaux; c'est l'alvéolite végétante. Ou bien encore, et c'est le cas le plus fréquent, le stroma conjonctif qui limite les alvéoles distendues s'est simplement épaissi, soit par la multiplication de ses éléments propres, soit par la fixation d'éléments migrateurs, et, à l'emphysème aigu, qui accompagne toujours l'œdème et peut apparaître par compensation dans les régions voisines des territoires inondés, se superpose peu à peu la sclérose progressive du tissu pulmonaire.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le sort des projections microbiennes dans l'air. Influence de l'humidité.* Note de MM. A. Trillat et Mallein, présentée par M. Roux.

Les projections microbiennes qui se produisent sous diverses interventions mécaniques (acte de parler, de tousser, etc.) sont constituées par des gouttelettes de diverses grosseurs parmi lesquelles, les plus fines, échappant en partie à l'action de la pesanteur, sont capables d'ensemencer des boîtes de Petri à plusieurs mètres de distance du sujet.

Étant donné que ces projections microbiennes provenant de la bouche et des voies respiratoires ou du pharynx peuvent renfermer des germes contagieux, la connaissance du sort de ces gouttelettes microbiennes que nous absorbons journellement, dans maintes occasions, présente un grand intérêt en épidémiologie. L'étude des propriétés de semblables gouttelettes a déjà fait l'objet de plusieurs Notes; dans le présent travail, nous avons étudié l'influence exercée sur elles par l'action mécanique de la pulvérisation selon que celle-ci avait lieu dans l'air sec ou humide.

Pour nous rapprocher le plus possible de la réalité, nous avons institué des essais en pratiquant des pulvérisations microbiennes dans des récipients clos renfermant de l'air à divers degrés hygrométriques, le nuage d'humidité étant constitué, tantôt avec de l'eau pure, tantôt avec de l'eau

renfermant des traces de substances alimentaires comme l'indique le Tableau ci-dessous.

L'air de chaque récipient était ensemencé par la pulvérisation de 4^{cg} d'une émulsion microbienne extrêmement étendue provenant d'un raclage superficiel de 1^{cg} de culture solide d'un microbe déterminé dilué dans 50^{cm^3} d'eau stérilisée. Les boîtes de Petri disposées sous chaque cloche étaient ouvertes après des laps de temps variables entre 3 à 120 minutes et portées à l'étuve d'incubation après une période d'exposition de quelques heures.

Numération des germes restant en suspension dans des atmosphères plus ou moins humidifiées et ensemencées par des projections microbiennes.

	Expérience I		Expérience II		Expérience III		Expérience IV	
Degré hygrométrique.	après 3'.	après 10'.	après 15'.	après 20'.	après 15'.	après 30'.	après 60'.	après 120'
	col.	col.	col.	col.	col.	col.	col.	col
Air desséché.....	12	0	4	0	0	0	0	
Air à 60° hygr...	350	10	40	0	210	0	0	
Air sursaturé....	5000	800	240	100	1800	3500	90	0
Air plus alimenté.	9000	2600	1100	350	7000	4500	450	0

Des résultats semblables ont été obtenus en opérant avec d'autres germes.

On voit dans ces expériences, dont la technique est assez simple pour que l'on puisse reproduire les résultats, que le nombre de colonies récoltées dans l'air sec a été à peu près nul, tandis qu'il a été notable dans le cas de l'air humide et considérable quand l'air humide renfermait des traces d'aliments. On voit aussi que la durée de suspension est dans tous les cas relativement courte dans un air tranquille ([1]).

L'influence de l'air humide est encore mise en évidence par l'expérience suivante, dans laquelle, inversement à la précédente, l'air humide était projeté tangentiellement à la surface d'un support microbien fixe. Pour la réaliser on a fait passer un courant d'air humidifié et stérilisé sur une culture de *prodigiosius* sur gélose d'une surface de 4^{cm^2}, reliée avec un tube de verre de 1^m de longueur, garni intérieurement de gélose nutritive. On a constaté chaque fois, qu'après un passage de 5 minutes, le tube de gélose était ensemencé uniformément sur toute sa surface, tandis que le passage de l'air sec dans l'essai témoin ne fournissait que quelques colonies.

Comment interpréter ces résultats? Peut-on ici parler d'un ensemencement de l'air avec la notion que l'on attache à ce mot? Pour résoudre la

([1]) Ainsi s'explique la faible teneur en microbes pathogènes de l'air expiré dans un local fermé, si l'analyse bactériologique a été faite tardivement.

question, nous avons fait des numérations comparatives avant et après les expériences; le résultat a été dans le sens d'une augmentation. Nous avons fait aussi des essais pour nous rendre compte si cette augmentation n'était pas due à une division sous l'influence de la pulvérisation des agglomérats microbiens renfermés dans l'émulsion. Nous avons été amenés à conclure à la suite de ces expériences, trop longues à expliquer ici, qu'il fallait rattacher le phénomène observé pour une grande partie à un ensemencement spécial provenant du frottement des gouttelettes microbiennes contre les gouttelettes d'eau invisibles qui existent dans une atmosphère sursaturée d'humidité.

Il en résulte qu'une gouttelette microbienne projetée qui n'aurait donné qu'une seule colonie si elle était tombée librement sur un terrain de culture, en fournissait plusieurs par fragmentation contre la masse des gouttelettes d'eau sur la trajectoire de la projection. Il y a donc eu en réalité ensemencement mécanique donnant lieu à une apparence de multiplication biologique : pareille circonstance ne se produit pas dans l'air sec dans lequel les gouttelettes microbiennes se sont desséchées par suite de l'évaporation de leur enveloppe aqueuse.

Quant à l'augmentation des colonies dans l'air alimentaire, elle s'explique par la présence de traces d'aliments : circonstance favorable à la longévité des microbes comme on l'a montré antérieurement [1].

S'il est permis d'établir un rapprochement entre ces essais de laboratoire et la réalité, on peut dire que l'air atmosphérique est d'autant plus apte à la conservation et à la multiplication mécanique des gouttelettes microbiennes en suspension dans l'atmosphère que le coefficient d'humidité relative est plus élevé et que les conditions de sursaturation sont plus favorables.

Et dès lors apparaît le rôle indirect des facteurs météorologiques qui ont déjà été étudiés, tels que le refroidissement, les dépressions brusques, l'ionisation de l'air, qui provoquent cette sursaturation ou la condensation de l'humidité [1], rendant ainsi l'air plus apte à la durée de vie et au transport des microbes.

La séance est levée à 16 heures et quart.

É. P.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 149, 1909, p. 875; t. 157, 1913, p. 873; t. 158, 1914, p. 1441; t. 159, 1914, p. 817; t. 160, 1915, p. 153; t. 170, 1920, p. 538.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de février 1920.

Gouvernement général de l'Indo-Chine. *Atlas des bois de l'Indo-Chine*, par Henri Lecomte. Paris, Agence économique de l'Indo-Chine, s. d.; 1 vol. autographié, 29cm. (Présenté par M. H. Lecomte.)

L'Acier, aviation, automobilisme, constructions mécaniques, sanctions de la guerre, par C. Grard. Nancy-Paris-Strasbourg, Berger-Levrault, 1919; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Charpy.)

Évolution des industries qui transforment les produits agricoles. Introduction au cours professé à l'Institut national agronomique, par L. Lindet. Paris, Librairie de l'enseignement technique, 1920; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. Haller.)

Collection de 100 phototypies exécutées d'après des photographies prises par le Prince Bonaparte, *en 1884, au cours d'un voyage anthropologique chez les Lapons.* (Présentée par le Prince Bonaparte.)

Corrélation probable des niveaux de base et des oscillations des fronts glaciaires. Conséquences : ombilics et causes des oscillations, par Ch. Gorceix. Grenoble, Allier, 1919; 1 fasc. 25cm. (Présenté par M. Termier.)

Ministère du commerce, de l'industrie, des postes et télégraphes, des transports maritimes et de la marine marchande. Direction des études techniques. *Rapport général sur l'industrie française, sa situation, son avenir;* deuxième partie : *Les méthodes d'expansion économique;* troisième partie : *Conclusions : vœux émis par le comité consultatif des arts et manufactures;* tome troisième. Paris, Imprimerie nationale, 1919; 1 vol. 30cm. (Présenté par M. A. Haller.)

Étude cristallographique et optique d'un certain nombre de minéraux des pegmatites de Madagascar et de minéraux de l'Oural, par René-Charles Sabot (thèse). Genève, Albert Kundig, 1914; 1 fasc. 23cm.

Recherches géologiques et pétrographiques sur le district minier de Nicolaï-Pawda, par Louis Duparc et Augustin Grosset. Genève, Kundig, et Paris, Dunod et Pinat, 1916; 1 vol. de texte et 1 vol. de planches, 31cm.

Essai d'olfactique physiologique, par Heyninx (thèse). Bruxelles, F. Largier, 1919; 1 fasc. 31cm.

ERRATA.

(Séance du 6 avril 1920.)

Note de M. *Brouwer*, Énumération des classes de transformations du plan projectif :

Page 834, ligne 2 de la Note, *au lieu de* L.-E.-Z. Brouwer, *lire* L.-E.-J. Brouwer.

(Séance du 3 mai 1920.)

Note de M. *A. de Gramont*, Sur la recherche spectrographique des métaux et spécialement du zinc dans les organismes animaux :

Page 1037, ligne 8, *au lieu de* qui a d'abord signalé ce métal, *lire* qui a signalé ce métal.

Note de M. *J. Nageotte*, Croissance, modelage et métamorphisme de la trame fibrineuse dans les caillots cruoriques :

Page 1076, ligne 1, *au lieu de* conditions physiologiques, *lire* conditions pathologiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 MAI 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** présente les félicitations de l'Académie à M. *Tisserand* à l'occasion de son élévation à la dignité de grand-croix de la Légion d'honneur.

BOTANIQUE. — *Sur les* Primula elatior, acaulis *et* officinalis, *à propos de la Note de M. Ad. Davy de Virville.* Note (¹) de M. **G.-A. Boulenger.**

J'ai lu avec un vif intérêt la Note de M. Davy de Virville sur les *Primula* du nord-ouest de la France (²). Il est utile d'attirer l'attention sur la distribution exacte de nos plantes communes, question trop négligée. Les Ouvrages généraux dont on se sert le plus souvent nous renseignent insuffisamment, ou nous donnent même des idées fausses à cet égard. C'est ainsi que les Flores de Coste (1903) et de Rouy (1908), tout comme l'excellente monographie d'Elisabeth Widmer (1891), indiquent pour le *Primula elatior* « presque toute la France, sauf dans la région méditerranéenne ».

Il ressort de ce que nous savons aujourd'hui de la distribution des *Primula acaulis* (*vulgaris*, *grandiflora*) et *elatior* que, pour le nord-ouest de l'Europe, le premier est une espèce occidentale qui, des montagnes du centre et du midi, a étendu son aire jusqu'en Irlande et en Écosse, tandis que le second devient de plus en plus local en s'avançant vers le domaine de son congénère si voisin, qu'il ne rencontre que sur peu de points. Ces

(¹) Séance du 20 mai 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1068.

points, il serait très important de les fixer rigoureusement et de se renseigner sur la façon dont les deux espèces se comportent quand elles arrivent à se rencontrer, comme l'a fait M. Miller Christy [1] pour l'Angleterre, où le *P. elatior* n'occupe qu'un territoire très restreint, dans les Comtés d'Essex et de Cambridge et les parties avoisinantes de Suffolk.

Partout ces deux espèces semblent s'exclure l'une l'autre, et cependant leurs aptitudes différentes devraient leur permettre de se cantonner en différents points d'un même territoire sans se gêner mutuellement, comme chacune d'elles le fait en présence du *P. officinalis*. Si le *P. elatior* est intermédiaire par ses caractères morphologiques aux *P. acaulis* et *officinalis*, il ne l'est point œcologiquement. Sous ce rapport, les trois espèces se rangent comme suit :

1. Le *P. elatior* aime les terrains très humides; on le trouve dans les prairies presque marécageuses ou qui ont été inondées pendant l'hiver, il croît avec exubérance tout au bord des ruisseaux; mais il abonde aussi dans les bois très frais, qui lui conviennent tout aussi bien qu'à l'espèce suivante.

2. Le *P. acaulis* évite les endroits par trop humides et s'accommode même parfois d'un sol très sec, comme je l'ai constaté sur certaines collines de craie au sud de Londres; mais il ne se trouve pas dans les expositions trop ouvertes.

3. Ce sont principalement celles-ci qui sont le plus favorables au *P. officinalis*, auquel les terrains calcaires conviennent particulièrement.

Cette définition ne doit pas être prise dans un sens trop absolu, les plantes peuvent s'accommoder à des stations plus variées, surtout quand il n'y a pas de compétition; mais elle est exacte pour beaucoup d'endroits. On peut, pour fixer les idées, s'imaginer une vallée profondément encaissée dans une localité habitée par les trois espèces.

Les alluvions bordant le cours d'eau nourriront exclusivement le *P. elatior*; de la base du versant boisé jusqu'à mi-côte, celui-ci sera mélangé au *P. acaulis* [2]; un peu plus haut, les trois espèces vivront côte à côte; plus

---

(1) *Trans. Essex Field Club*, t. 3, 1884, p. 195, 206, et *Journ. Linn. Soc., Bot.*, t. 33, 1898, p. 172.

(2) Il y a une douzaine d'années M. Miller Christy et moi avons essayé d'établir cette association en Belgique, dans un bois privé d'une vallée de la province de Namur, où le *P. acaulis* n'existe pas. Un grand nombre de primevères importées d'Angleterre ont été plantées au milieu des *P. elatior*, mais les années suivantes peu de ces plantes ont fleuri et elles ont fini par disparaître.

haut encore, le *P. elatior* s'arrêtera; tandis que sur le plateau dénudé le *P. officinalis* régnera seul et en abondance. Ces espèces peuvent facilement se partager un territoire selon leurs besoins d'accommodation.

On ne conçoit donc pas pourquoi le *P. elatior* est si rarement présent dans les régions habitées par le *P. acaulis;* car même en supposant que, les deux espèces ayant eu un centre d'origine opposé, les avant-gardes de leur extension géographique se trouvant arrêtées par le premier occupant, pourquoi le *P. elatior* ne s'établit-il pas dans les prairies humides délaissées par le *P. acaulis?*

Une autre question. Comment se fait-il que les *P. acaulis* et *officinalis*, quand ils se rencontrent, malgré le degré assez considérable d'asyngamie qui les distingue, produisent des hybrides, peu fréquents il est vrai, alors que l'hybride *P. elatior* × *officinalis*, dont les ascendants sont morphologiquement plus rapprochés et à asyngamie moins marquée, est extrêmement rare? Depuis de nombreuses années je le cherche en vain en Belgique dans les endroits où les deux espèces croissent côte à côte et en grand nombre; Mlle Widmer a également échoué en Bavière et en Suisse et M. Miller Christy ne l'a trouvé que très rarement en Angleterre.

Par contre, dès que les *P. acaulis* et *elatior* se rencontrent, le croisement s'opère en grand nombre et M. Christy croit même pouvoir attribuer la démarcation si nette qui existe dans les stations de ces deux espèces en Angleterre à l'hybridation qui permet au *P. acaulis* d'empêcher l'extension de l'espèce affine et même d'empiéter sur son territoire. Le travail de M. Christy mérite d'être lu par ceux qui seraient à même d'observer les deux espèces à leurs points de contact en France.

Ce que dit M. Davy de Virville au sujet des *P. acaulis* et *officinalis* dans les tranchées de chemin de fer en Bretagne s'applique également à l'Angleterre, où j'ai pu constater les mêmes conditions. Les hybrides ne sont pourtant jamais abondants.

L'auteur fait remarquer aussi que le *P. elatior* offre un type nettement intermédiaire entre les *P. acaulis* et *officinalis* et se rapproche sensiblement de leur hybride; et il se demande s'il n'est pas permis d'y voir, peut-être, une forme jadis issue du croisement naturel de ces deux espèces. Pourtan les hybrides que j'ai vus en Angleterre se reconnaissent très facilement du *P. elatior*, comme Darwin l'a montré d'ailleurs. Il n'en est pas de même de l'hybride entre ce dernier et le *P. acaulis*, et d'autre part on connaît des formes méridionales, rapportées tantôt au *P. elatior*, tantôt au *P. officinalis*, qui ne peuvent être considérées comme hybrides, si ce n'est sous le nom

d'hybrides fixés, qui comblent l'intervalle qui sépare les deux espèces; Nægeli a même insisté sur le fait très remarquable que celles-ci, qui, dans l'Europe moyenne paraissent si nettement caractérisées, sont restées reliées dans le Midi par des formes intermédiaires. Peut-être faut-il voir là les restes du type primitif dont les deux espèces sont dérivées. Une étude sérieuse sur place du *P. pyrenaica* Miégeville, qui abonde dans les prairies basses de Cauterets, des vallées d'Isure et de Louron, de Barrèges et de Campan, devrait être entreprise par un botaniste familier avec les primevères dans leurs stations naturelles.

NOMINATIONS.

M. A. d'Arsonval est désigné par un vote pour représenter l'Académie dans la *Commission permanente des stations hydrominérales et climatiques*, reconstituée par la loi du 24 septembre 1919.

M. G. Lemoine est désigné par un vote pour représenter l'Académie dans la *Commission de répartition des fonds du Pari mutuel destinés aux œuvres de bienfaisance*.

Le Comité du monument élevé à la mémoire de *Z. Roussin* invite l'Académie à se faire représenter à l'inauguration qui aura lieu à l'École de Médecine et de Pharmacie de Rennes, le 13 juin prochain.

M. Hilaire de Chardonnet est désigné pour représenter l'Académie à cette cérémonie.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Phosphore, arsenic, antimoine*, par MM. A. Boutaric et A. Raynaud. (Présenté par M. Ch. Moureu.)

2° Le fascicule XI : *Edentata* (Édentés), sous-fascicule : I. *Dasypodidæ*, du Catalogue raisonné et descriptif des collections d'Ostéologie du service d'Anatomie comparée du Muséum d'Histoire naturelle, publié à l'aide d'une subvention sur la fondation Loutreuil. (Présenté par M. Edm. Perrier.)

GNOMONIQUE. — *Sur une horloge solaire donnant toute l'année l'heure légale avec une exactitude suffisante pour la vie pratique, ainsi que la date approximative.* Note (¹) de M. Ch. Gautier, présentée par M. Bigourdan.

L'appareil comprend (*fig.* 1) : 1° un tronc de cylindre creux *abcd*, placé sur un support *fgh* à vis calantes (deux en *g*, une en *h*). L'axe PP du

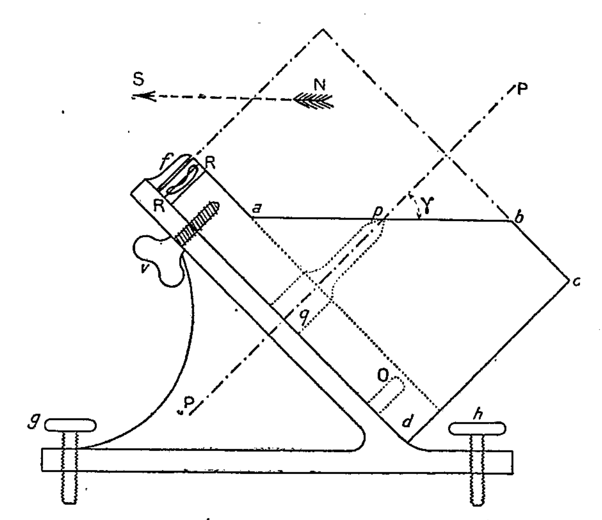


Fig. 1. — Élévation latérale de l'appareil.

cylindre est dirigé suivant l'axe du monde et le plan médian *foh* du support coïncide avec le méridien;

2° Un style *pq*, solidaire du cylindre et ayant même axe que lui.

Le cylindre étant coupé à sa partie supérieure par un plan horizontal *apb*, la pointe *p* porte ombre toute la journée (et toute l'année) sur les graduations en heures et en dates tracées dans la partie concave du cylindre.

Les lignes d'égale heure (*fig.* 2) sont des génératrices équidistantes du cylindre, car elles sont l'intersection de cette surface avec un faisceau

(¹) Séance du 10 mai 1920.

de 24 plans angulairement équidistants de 15° et dont l'axe coïncide avec PP (¹). Les lignes d'égale date ou lignes d'ombre diurne sont des sections droites du cylindre, car elles sont l'intersection de cette surface avec le cône de révolution (ayant aussi pour axe PP) balayé (à très peu de chose près) par le rayon solaire passant par la pointe fixe *p* au cours d'une même journée (²).

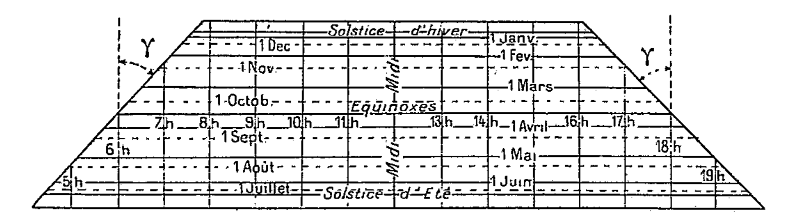


Fig. 2. — Développement de l'intérieur du cylindre. Échelle $\frac{1}{6}$ environ.

Pour effectuer la correction due à la longitude du méridien de référence et à l'équation du temps, le cylindre peut tourner un peu autour d'un axe O (*fig.* 1) parallèle à PP, au moyen d'une vis *v*, ce qui déplace angulairement, en face d'un couteau fixe *f*, une plaque RR (*fig.* 1 et 3) fixée au cylindre et concentrique à O.

Si l'on met le couteau *f* en face de :

HVI, on a l'heure vraie locale;
GG, on a l'heure vraie de Greenwich (méridien de référence);
G'G', on a l'heure vraie d'été.

Enfin, si on le met en face de dates marquées de 10 en 10 jours sur deux

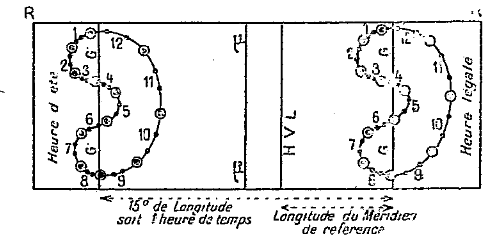


Fig. 3. — Développement de la plaque RR. Échelle $\frac{2}{3}$ environ.

courbes tracées arbitrairement en forme de haricots autour de GG et

(¹) Sur un modèle qui a été placé à l'embouchure du Paillon, le rayon du cylindre est de $114^{mm},6$, ce qui correspond, sur la figure 2, à 30^{mm} pour 1 heure, soit $0^{mm},5$ par minute de temps. Les génératrices sont tracées de 5 en 5 minutes.

(²) Sur ce même appareil, les lignes d'ombre diurne sont tracées de 10 en 10 jours.

de G'G', on a l'heure corrigée de l'Équation du temps toute l'année, c'est-à-dire l'heure légale (¹).

Mise en place de l'appareil. — Se fait aisément en réglant par rapport à trois axes : deux axes NS et EO situés dans un plan horizontal, au moyen des vis calantes et d'un niveau et un axe vertical quelconque. Pour celui-ci, on peut régler, soit à midi en mettant l'appareil à l'heure, soit à 6^h-18^h en le mettant à la date. Ce second procédé est moins exact, mais dispense de la connaissance de l'heure.

Ce que donne l'appareil. — Il donne l'heure légale (avec une approximation d'environ 1 minute) toute la journée et toute l'année; et la date exacte aux équinoxes, mais très vague aux solstices.

Son organisation d'ensemble étant la même pour tous les lieux de la Terre, ainsi que sa graduation (dans les figures 1 et 2 l'angle γ n'est autre que la latitude), il peut être construit en série et le réglage en est facile n'importe où.

Il reproduit, sans autre déformation qu'une symétrie par rapport au point p, la course du Soleil dans le ciel; en particulier, il donne la direction et l'heure du lever et du coucher de cet astre pour tous les jours de l'année, ainsi que la longueur de ces jours (²). Il montre, par la variation de l'inclinaison de PP, la variation des jours et des saisons dans le cas où on le transporterait de l'équateur aux pôles.

Il est autoréglable, puisqu'il peut se mettre en place sans connaissance de l'heure et qu'il fournit, en outre, la date nécessaire à ce réglage.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Figures d'équilibre d'un liquide en rotation. Ordre de succession des figures critiques de bifurcation.* Note de M. **Alex. Véronnet**, présentée par M. P. Appell.

Poincaré avait démontré que le premier ellipsoïde de bifurcation rencontré sur la courbe des ellipsoïdes de Maclaurin, ou de révolution, était

---

(¹) En pratique et pour réduire au minimum la dissymétrie éventuelle de l'appareil, c'est la ligne $\mu\mu$ (milieu de l'intervalle GG — G'G') qui est dans le plan médian du cylindre. Comme conséquence, les lignes d'heures sont décalées d'autant.

(²) Ce résultat est légèrement faussé par le décalage du cylindre dû au réglage. Mais l'erreur est faible et aisément corrigeable.

celui qui donne naissance à la branche des ellipsoïdes de Jacobi, à trois axes. M. Appell a donné une démonstration remarquablement simple de cet important théorème, dans son cours actuellement à l'impression (*Figures d'équilibre d'une masse liquide en rotation*). On peut généraliser cette démonstration pour l'étendre aux autres figures de bifurcation et déterminer leur ordre d'apparition sur les courbes des Maclaurin et des Jacobi.

Les ellipsoïdes critiques de Maclaurin sont déterminés par la relation

$$\frac{R_1 S_1}{3} = \frac{R_k S_k}{2n+1}, \tag{1}$$

où R_k est une des fonctions de Lamé d'ordre n, et S_k la fonction de seconde espèce correspondante.

Posons, en général,

$$F = \frac{R_i S_i}{2n+1} - \frac{R_k S_k}{2n'+1}. \tag{2}$$

En tenant compte des expressions différentielles qui définissent R et S,

$$R'' = [n(n+1)(1+s^2) - p^2]R \qquad \text{et} \qquad RS' - R'S = 2n+1,$$

on obtient

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{F}{R_i^2}\right) = \frac{-2}{2n'+1}\,\frac{S_k}{R_i}\,\frac{d}{ds}\left(\frac{R_k}{R_i}\right) = \frac{-2}{2n'+1}\,\frac{S_k}{R_i^3}(R'_k R_i - R'_i R_k).$$

Le signe de la dérivée de l'expression entre parenthèses dépend de $R''_k R_i - R''_i R_k$ ou de

$$[n'(n'+1) - p'^2 - n(n+1) + p^2] + [n'(n'+1) - n(n+1)]s^2. \tag{3}$$

1° Prenons $n' \geqq n$, c'est-à-dire considérons des expressions R_k du même ordre que R_i ou d'ordre supérieur. Le coefficient de s^2 est alors toujours positif. Déterminons ensuite p et p' de façon que le terme constant soit également positif. Alors l'expression ci-dessus reste toujours positive. Le rapport $\frac{R_k}{R_i}$ reste croissant et F conserve toujours le même signe. On aura donc

$$\frac{R_1 S_1}{3} > \frac{R_i S_i}{2n+1} > \frac{R_k S_k}{2n'+1}.$$

Faisons alors croître la variable s, ce qui correspond à des aplatissements croissants, la valeur $\frac{R_1 S_1}{3}$ traversera successivement les autres valeurs, suivant l'ordre croissant des n ou des i, k.

2° Prenons $n' = n + 1$ et $p' = p + 1$, la condition est toujours réalisée. *Les figures critiques d'ordre consécutif et correspondantes seront placées sur la courbe des Maclaurin, dans l'ordre des n croissants et des aplatissements croissants.* En particulier *les figures en fuseaux*, découpées suivant les méridiens (fonctions sectoriales $p = n$), se succéderont dans cet ordre, les nombres n indiquant le nombre de fuseaux, ou de côtes, de la figure critique.

3° Prenons $n' = n$, c'est-à-dire considérons des figures du même ordre. L'expression (3) ci-dessus se réduit à $p^2 - p'^2$. Si donc on a $p' < p$ on aura également

$$\frac{R_1 S_1}{3} > \frac{R_p S_p}{2n+1} > \frac{R_{p'} S_{p'}}{2n'+1}.$$

Par conséquent, *parmi les figures de bifurcation du même ordre, on rencontrera d'abord la figure en fuseaux, correspondant à $p = n$, puis successivement les k autres,* qui se creusent suivant les parallèles.

On sait en effet que sur la courbe des Maclaurin, on rencontre d'abord, à partir de la sphère, l'ellipsoïde de Jacobi, qui correspond à $n = 2$ et $p = 2$, puis l'ellipsoïde de vitesse de rotation maximum qui correspond à $n = 2$ et $p = 0$. L'ellipsoïde critique $n = 4$ et $p = 0$, qui, en se creusant, aboutirait à la formation de l'anneau de Plateau, serait rencontré plus loin encore. Son grand axe serait environ le triple de son petit axe.

4° Pour *les ellipsoïdes de Jacobi* les points de bifurcation sont déterminés par la même relation (1) où $\frac{R_1 S_1}{3}$ est remplacé par $\frac{R_4 S_4}{5}$. Mais ici R_k, S_k n'ont qu'une seule valeur correspondant à $p = n$. L'expression (3), qui détermine le signe de F est donc toujours positive pour $n' > n$. *Tous les ellipsoïdes critiques se suivront sur la courbe des Jacobi dans l'ordre des n croissants et pour des allongements croissants.*

ÉLASTICITÉ. — *Sur la généralisation d'un théorème de M. Mesnager concernant le sens des déplacements d'une plaque rectangulaire.* Note [1] de M. **M.-T. Huber**, présentée par M. Mesnager.

M. Mesnager a énoncé [2] en 1916 le théorème suivant concernant les plaques isotropes :

[1] Séance du 25 mai 1920.
[2] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 84.

Une charge appliquée en un point quelconque d'une plaque rectangulaire posée (c'est-à-dire articulée le long du contour et assujettie à passer par tout le contour) provoque l'abaissement de tous les points de la plaque.

Nous avons pu établir (¹) que dans le cas d'une simple anisotropie orthogonale, jouant un rôle important dans la technique (les hourdis en béton armé, la tôle ondulée, etc.), les déplacements w satisfont à l'équation différentielle

$$B_1 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + B_2 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p, \tag{1}$$

où p désigne la charge unitaire.

Dans ce cas, plus général, le théorème de M. Mesnager continue à être applicable lorsque

$$H^2 - B_1 B_2 \geqq 0; \tag{2}$$

par contre, ne peut plus être appliqué lorsque

$$H^2 - B_1 B_2 < 0. \tag{3}$$

Ceci dérive directement de la solution, que nous avons donnée dans la Note précédente, pour le cas d'une charge concentrée en un point quelconque de la plaque [formule (4)]. En effet, il est facile de remarquer que les paramètres λ et μ sont réels tant que la condition (2) se trouve remplie (ceci est certainement le cas pour les plaques en béton armé). Le déplacement w a alors le même signe algébrique pour tous les points se trouvant à l'intérieur du contour rectangulaire de la plaque.

Mais lorsque c'est la condition (3) qui se trouve remplie (ce qui, par exemple, a lieu pour la tôle ondulée à cause de sa faible rigidité à la torsion), les paramètres λ et μ deviennent des valeurs complexes et prennent la forme

$$\lambda = \lambda' + i\mu', \qquad \mu = \lambda' - i\mu',$$

où

$$\lambda' = \frac{\pi}{b}\sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{B_2}{B_1}} + \frac{1}{2}\frac{H}{B_1}}, \qquad \mu' = \frac{\pi}{b}\sqrt{\frac{1}{2}\sqrt{\frac{B_2}{B_1}} - \frac{1}{2}\frac{H}{B_1}}. \tag{4}$$

Simultanément les fonctions hyperboliques dans l'expression de w se transforment partiellement en fonctions trigonométriques.

Grâce à cela, lorsque la longueur a de la plaque est suffisamment grande

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 511.

par rapport à sa largeur b, certaines parties de cette plaque se soulèvent au-dessus du niveau du contour. De même se soulève en certains endroits une poutre très longue placée sur un support déformable et chargée en une section.

Afin d'éviter les formules trop compliquées nous nous bornerons à la solution du cas d'une plaque infiniment longue, chargée en un point infiniment distant du petit côté. En prenant le bord long de la plaque pour axe des x et en menant l'axe des y par le point d'application de la charge P, c'est-à-dire par le point $(0, y_1)$, on déduit de la formule (4) de la Note précédente, en admettant la condition (2),

$$(5) \qquad w = \frac{\mathrm{P} b^3}{\pi^4 \mathrm{B}_2} \frac{\lambda^2 \mu^2}{\lambda^2 - \mu^2} \sum_{n=1,2,3,\ldots} \frac{1}{n^3} \sin \frac{n\pi y_1}{b} \left(\frac{1}{\mu} e^{-n\mu x} - \frac{1}{\lambda} e^{-n\lambda x} \right) \sin \frac{n\pi y}{b};$$

en admettant la condition (3)

$$(6) \qquad w = \frac{\mathrm{P} b}{2\pi^2 \sqrt{\mathrm{B}_1 \mathrm{B}_2}} \sum_{n=1,2,3,\ldots} \frac{1}{n^3} \sin \frac{n\pi y_1}{b} \left(\frac{1}{\lambda'} \cos n\mu' x + \frac{1}{\mu'} \sin n\mu' x \right) e^{-n\lambda' x} \sin \frac{n\pi y}{b}.$$

Cette deuxième équation indique clairement la forme onduleuse de la surface élastique, étant donné que le signe du premier terme de la série décide du signe de sa somme à cause de la forte convergence [1].

La longueur de l'onde dans la section longitudinale de la plaque est visiblement égale à $\frac{2\pi}{\mu'}$. L'amplitude de l'onde décroît rapidement avec la distance du point d'application de la charge grâce au facteur $e^{-n\lambda' x}$.

Les équations (5) et (6) sont valables pour les x positifs. En remplaçant x par $-x$, on obtient les équations applicables à l'autre moitié de la plaque.

Ainsi, les déplacements des points d'une plaque rectangulaire, d'une

---

[1] On peut préciser par les remarques suivantes: 1° Pour les points de l'axe de symétrie $y_1 = y = \frac{b}{2}$, le produit des sinus en y et y_1 est positif et maximum pour $n = 1$. — 2° La parenthèse est une sinusoïde. Faisons-y $n = 1$, toute valeur de x la rendant minimum, donne une somme négative; car $\Sigma n^{-1-\alpha} f(n)$ a le signe de son premier terme pour $\alpha > 0$ avec $|f(n)| \leqq |f(1)|$ puisque

$$\sum_{n=2}^{n=\infty} n^{-1-\alpha} < \int_1^\infty x^{-1-\alpha}\, dx = 1.$$

(*Note de M. Mesnager.*)

simple anisotropie orthogonale, articulée horizontalement le long du contour et chargée en un point, ne conservent pas toujours le même sens, mais peuvent aussi, pour un certain rapport des coefficients de rigidité, prendre des déplacements contraires dans les différentes sections en formant alors une surface onduleuse.

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation occasionnée par l'effet Joule au contact de deux solides.* Note de M. **Jean Fallou.**

En 1913, MM. Brazier et Dongier ([1]) ont montré qu'un contact pointe-cristal soumis à une tension alternative est susceptible d'émettre un son : les auteurs ont pu entendre les signaux de la Tour Eiffel, uniquement par la vibration du contact de la galène, et un appareil destiné à déceler les signaux hertziens a même été construit sur ce principe ([2]).

Dans le but d'étudier la nature de ce phénomène mécanique, j'ai établi un appareil fort simple permettant de mesurer les très petits déplacements de la pointe lors du passage d'un courant électrique à travers la jonction. Un premier système amplificateur mécanique transmettait à l'extrémité d'un levier long et léger les déplacements verticaux de la pointe grandis 100 fois. Un microscope muni d'un micromètre oculaire servait à observer les mouvements de ce levier, de telle sorte qu'un déplacement de l'image égal à 1 division du micromètre correspondait à un déplacement de $0^{\mu},02$ de la pointe. Il était possible de lire la demi-division. Le bloc de cristal ou de métal sur lequel reposait la pointe était fortement serré dans une pince solidaire de l'appareil : toute dilatation du contact devait ainsi se manifester par un déplacement de l'image observée au microscope.

I. *Contacts rectifiants.* — J'ai ainsi dressé des caractéristiques de contacts rectifiants, en courant continu, en notant pour chaque valeur de la force électromotrice la valeur du courant et la dilatation du conctact, et j'ai pu construire des courbes courant-tension, dilatation-tension, dilatation-puissance.

J'ai trouvé que la dilatation est très sensiblement proportionnelle à la puissance perdue, qu'elle est due par conséquent à l'effet Joule au contact, *mais que le rapport de la dilatation à puissance perdue (coefficient de dilata-*

([1]) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 587.
([2]) *Revue T. S. F.*, 1914, p. 101.

tion) est très différent suivant que le courant passe dans un sens ou dans l'autre, et très supérieur quand le courant passe de la pointe au cristal. Voici par exemple quelques nombres trouvés pour un contact fer-galène particulièrement sensible :

Courant du fer à la galène.			*Courant de la galène au fer.*		
E[1].	I[2].	Δ[3].	E[1].	I[2].	Δ[3].
2........	0,10	3	0,75.....	0,89	4
2,75.....	0,16	6,5	0,98.....	1,32	8
4........	0,25	14	1,30.....	1,80	15
5........	0,31	22	1,48.....	2,05	20

Moyenne : $\frac{\text{dilatation}}{\text{puissance}} = 14.10^3$. Moyenne : $\frac{\text{dilatation}}{\text{puissance}} = 6,3.10^3$.

La grandeur des dilatations varie largement avec les métaux et les cristaux en contact. Mais l'écart entre les coefficients de dilatation que l'on trouve en changeant le sens du courant est d'autant plus grand que le pouvoir rectificateur est lui-même plus grand (sans qu'il soit possible d'établir une relation simple entre les deux phénomènes) et n'est nullement lié aux coefficients de dilatation linéaire des métaux employés, ce qui élimine toute interprétation possible au moyen de l'effet Thomson. Cet écart disparaît en même temps que l'asymétrie de la conductibilité. Voici quelques valeurs trouvées pour le coefficient $\frac{\text{dilatation}}{\text{puissance}}$:

	Courant de la pointe au cristal.	Courant du cristal à la pointe.
Galène-aluminium..................	670	330
Molybdénite-aluminium.............	710	430
Molybdénite-aluminium.............	900	660

II. *Contacts à conductibilité symétrique.* — Dans le but de rechercher l'influence de la nature des métaux, j'ai remplacé les cristaux étudiés par des métaux polis, et afin d'éliminer l'influence de la forme du contact, la même pointe m'a servi dans différentes mesures, reposant sur des métaux différents. Le rapport de la dilatation à la puissance absorbée est le même pour les deux sens du courant, mais il varie considérablement avec les métaux, d'une façon tout à fait indépendante des coefficients de dilatation

---

(1) Volts.

(2) Milliampères.

(3) Déviation comptée en divisions micrométriques.

respectifs, et se trouve être d'autant plus grand que la résistance du contact est plus forte. Voici les nombres trouvés pour quelques contacts :

	$\frac{\text{Dilatation}}{\text{puissance}}$.	Résistance (ohm).		$\frac{\text{Dilatation}}{\text{puissance}}$.	Résistance (ohm).
Fer-fer..........	274	3,5	Cuivre-cuivre..	64	0,,72
Fer-cuivre.......	240	2,4	Fer-argent.....	36	0,77
Acier-cuivre.....	150	1,5	Or-étain.......	31	0,67
Acier-fer........	90	1	Or-cuivre......	25	0,60
Fer-étain........	84	0,98	Cuivre-étain....	24	0,59
Or-fer...........	77	0,89			

III. *Conclusion.* — Lorsqu'on échauffe électriquement un contact de deux métaux, celui-ci se dilate proportionnellement à la chaleur développée par effet Joule ; le coefficient de dilatation de ce contact est d'autant plus grand que la résistance du contact est plus grande ; il n'y a aucune proportionnalité entre ce coefficient et les coefficients de dilatation linéaire des métaux servant à la jonction ; lorsque la conductibilité dépend du sens du courant, le coefficient de dilatation diffère lui aussi, suivant le sens du courant, et l'effet Thomson n'explique ni la grandeur ni le signe de ce phénomène.

Il semble donc raisonnable de penser qu'il se forme, par diffusion moléculaire, une couche de passage dont les propriétés physiques diffèrent de celles des métaux en contact, que le passage du courant agit sur la diffusion, par conséquent sur la formation de la couche hypothétique et sur ses propriétés. Ainsi pourrait s'expliquer la rectification de certains contacts et ces phénomènes se trouveraient en accord avec les expériences sur la cohération exécutées et interprétées par Blanc.

Quoi qu'il en soit, les dilatations mesurées dans certains cas au contact du fer et de la galène sont très suffisantes pour expliquer les expériences de MM. Brazier et Dongier : les vibrations du contact proviennent de sa dilatation thermique (par effet Joule) lors de la réception de chaque train d'ondes amorties.

PHYSIQUE. — *Pendule astronomique auto-balistique.*

Note de M. **A. Guillet**, présentée par M. G. Lippmann.

I. *Théorie.* — Pour répondre aux vues de MM. G. Lippmann et B. Baillaud, membres du Bureau des Longitudes, j'ai entrepris, il y a quelques mois, la construction et l'étude d'un pendule astronomique. Je me suis

arrêté au type auto-balistique auquel l'énergie nécessaire à l'entretien du mouvement oscillatoire est fournie par des impulsions très brèves provoquées par le pendule lui-même à chacun de ses passages par une position déterminée. M. G. Lippmann a insisté, à diverses reprises ([1]), sur la compensation qui s'établit alors entre les variations contraires de phase, qui accompagnent deux oscillations consécutives, variations séparément nulles d'ailleurs si les impulsions surviennent lors des passages du pendule par sa position d'équilibre.

Désirant satisfaire le mieux possible aux multiples conditions d'un entretien rationnel, et réduire les organes auxiliaires à leur plus simple expression, j'ai adopté le mode d'entretien par courants induits, que j'ai imaginé autrefois ([2]). Les courants induits dans un transformateur, à l'établissement et à la rupture du circuit d'excitation, véhiculant en sens contraires, et en des temps très courts, des quantités égales d'électricité produisent, en effet, spontanément les deux impulsions favorables équivalentes exigées par la théorie.

II. *Description*. — Dans le modèle que j'ai réalisé, avec l'aide de Ch. Entressengle, le pendule est formé d'une tige d'acier « invar » : longueur $113^{cm},5$; diamètre 1^{cm}; filetée à sa partie inférieure sur une longueur de 25^{cm}, suspendue à la manière habituelle, par l'intermédiaire de deux courts ressorts identiques, arrêtés dans leur monture sous tension égale, et d'un V horizontal en deux parties, pratiqué dans une équerre massive fixée sur une épaisse table d'ardoise scellée verticalement dans un gros mur.

La tige porte :

1° Une masse de laiton $m_1 = 3221^g$ de forme cylindrique, diamètre 83^{mm}, dont l'ellipsoïde d'inertie est une sphère. Cette masse repose sur un écrou à large tête permettant de la déplacer micrométriquement, dans les deux sens, par translation;

2° Un aimant découpé sous forme de double U dans une plaque d'acier et aimanté de façon que les quatre régions polaires n_1, s_1, n_2, s_2 forment un système astatique. Cet aimant, dont le plan est perpendiculaire à la tige, est immobilisé à l'aide de deux écrous entre lesquels il est interposé;

3° Une seconde masse $m_2 = 3184^g$, montée exactement comme la première;

4° Une couronne d'aluminium, fixée par un collier et de façon que son axe coïncide avec l'axe de suspension;

5° Un petit support à miroir permettant de donner à celui-ci, que l'on peut d'ail-

---

([1]) G. Lippmann, *Sur l'entretien du mouvement du pendule sans perturbation* (*Comptes rendus*, t. 122, 1896, p. 104, et t. 127, 1898, p. 15).

([2]) A. Guillet, *Sur un mode d'entretien du pendule* (*Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 94; *Journal de Physique*, janvier-février 1916).

leurs installer ou retirer à volonté, toutes les orientations autour de son sommet placé sur l'axe de suspension;

Enfin, sur la table d'ardoise sont fixées deux équerres portant les quatre bobines recevant les courants induits et agissant sur les quatre bras de l'aimant qui s'engagent respectivement dans les bobines.

III. *Réglage.* — Tout d'abord, le plan moyen de l'aimant, marqué par un trait horizontal est amené, au cathétomètre, à comprendre le centre de percussion du pendule de longueur théorique l à réaliser.

Si h, x, y sont les distances des centres de gravité du pendule total et de chacune des deux masses mobiles à l'axe de suspension, on a

$$h\Sigma m = m_1 x + m_2 y + a \qquad \text{avec} \qquad a = h_0 \Sigma m'$$

h_0 étant la distance du centre de gravité du pendule réduit à ses parties supposées fixes de masses respectives m'_1, m'_2, ...

D'autre part,

$$l = \frac{m_1 x^2 + m_2 y^2 + b(x+y) + c}{m_1 x + m_2 y + a}. \tag{1}$$

A chacun des états du pendule correspond un point de la quadrique (1) dont l'équation est, pour le modèle actuel,

$$l_{mm} = \frac{640\,200\,963{,}75 + 3286x^2 + 3249y^2 + 4680(x+y)}{3286x + 3249y + 728418{,}7}. \tag{2}$$

Si l'on a en vue le réglage d'un pendule de temps moyen $l = g : \pi^2$, les états possibles appartiennent alors à l'ellipse (2) où $l = 993{,}9$ pour Paris. On peut s'imposer telle condition complémentaire que l'on juge utile, par exemple, d'imprimer des déplacements ξ et η aux masses mobiles tels que l'on satisfasse à la condition

$$m_1 \xi + m_2 \eta = 0$$

exprimant que le centre de gravité du pendule total est fixe.

Pour $l = 993{,}9$ et $x = 920$, on trouve $y = 1078{,}8$; on amènera donc les parallèles moyens des masses mobiles aux distances de l'axe de suspension ainsi déterminées, et il ne restera ensuite que bien peu à faire pour ajuster la période à 2 secondes (moy.); l'opération est facilitée par cette circonstance que les déplacements de ces masses agissent par effet différentiel.

IV. *Entretien.* — On maintiendra invariable l'amplitude θ_0 en restituant à chaque période au pendule la vitesse angulaire qu'il perd, soit

$$\Delta\theta' = \omega\theta_0 e^{\frac{\lambda}{\omega}\operatorname{arc\,tang}\frac{\omega}{\lambda}} \sqrt{1 + \frac{\lambda^2}{\omega^2}}(1 - e^{-\lambda T})$$

ou en énergie

$$\Delta w = \mathfrak{I}\,\theta'_0\,\Delta\theta';$$

en raison de la faible valeur du coefficient λ, on peut prendre ici

$$\Delta\theta' = 2\pi\theta_0\lambda \qquad \text{et} \qquad \Delta w = 2\pi^2\theta_0^2\lambda\mathfrak{I}.$$

Lorsque le circuit induit est ouvert l'amortissement est faible et déterminé, mais lorsque ce circuit est fermé, l'amortissement répondant à la loi de Lenz intervient et l'on doit envisager l'optimum entre l'effet utile du transformateur et l'effet résistant dû au mouvement de l'aimant. En régime, et pour l'amortissement λ', on devra avoir

$$\Delta\theta' = 2\pi\theta_0\lambda' = \frac{gh\,\Sigma m\,\Theta}{i\mathfrak{I}}\,q;$$

q étant la quantité d'électricité induite dans le transformateur par période et Θ l'angle de déviation du pendule lorsque les quatre bobines, groupées de façon que leurs actions soient concordantes, sont parcourues par un courant d'intensité i.

Le cadre de cette Note ne me permet pas d'examiner les diverses formes de liaisons entre le pendule et l'extérieur, et de contact — satisfaisant, d'une manière durable, aux conditions indispensables de permanence géométrique, électrique et dynamique — qu'il convient d'employer. Je me bornerai à indiquer qu'au cours des deux mois d'observation qui viennent de s'écouler, le coefficient d'amortissement et l'amplitude, caractéristiques de la stabilité de fonctionnement, sont restés constants.

Une méthode d'épreuve décisive et toute physique, pour un type donné de pendule, consisterait à comparer entre eux deux ou mieux trois pendules équipés de même, et à constater l'invariabilité du rapport de leurs périodes.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul des courants d'électrolyse dans les masses métalliques voisines d'une voie de traction électrique.* Note de M. **Girousse**, présentée par M. Lippmann.

On a indiqué dans deux Notes antérieures [1], comment on peut déterminer les pertes et rentrées de courant qui se produisent le long d'une voie de traction électrique et comment on peut calculer ensuite l'état électrique

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 846; t. 170, 1920, p. 841.

du sol environnant, conséquence de ces pertes de courant, c'est-à-dire la valeur v que prend le potentiel aux divers points du sol en fonction de cette action de la voie électrique.

Reste maintenant le dernier problème, celui de déterminer la valeur des courants qui traversent les masses métalliques situées dans le sol, quand on connaît le régime électrique de celui-ci, c'est-à-dire le champ électrique résultant de la circulation des tramways.

S'il s'agit d'une masse limitée dans tous les sens, le champ extérieur peut être regardé comme uniforme et le champ intérieur comme n'en différant que par l'intensité, laquelle résulte de la conductibilité superficielle et de la conductibilité interne de la masse enterrée, les échanges de courant avec le sol étant par ailleurs, conformément à l'hypothèse du début, proportionnels à la différence existant à chaque point entre le potentiel intérieur et le potentiel de régime du sol extérieur.

En désignant par R_m la résistance moyenne de la masse donnée prise dans la direction du champ, le courant qui traverse la masse peut être considéré comme réduit ou amplifié dans le rapport $\frac{R_s}{R_m}$, R_s désignant la résistance du sol.

Mais le cas le plus important est celui des conduites métalliques enterrées (eau, gaz, câbles électriques, etc.) et en raison de leur longueur le champ qui les entoure ne peut plus être regardé comme uniforme.

Il faut alors connaître le champ extérieur tout le long du conducteur, mais comme les dimensions transversales sont petites, il suffit de connaître la valeur du potentiel v et le problème devient analogue à celui traité tout d'abord, touchant le régime des voies de tramways, avec cette différence toutefois que le potentiel extérieur étant variable, les équations différentielles contiennent un second membre.

Si l'on désigne par xx' les distances d'un point X du conducteur à ses deux extrémités et si, pour simplifier les écritures, on prend comme unité de longueur la quantité $\frac{\rho_i + K\rho_i}{\rho}$ où $\rho\rho_i K$ représente les résistances et le coefficient d'échange propres au conducteur considéré, l'état électrique cherché est donné par les formules générales

$$u = -\frac{1}{2}[f(x) + f'(x')] - \frac{1}{2\,\mathrm{sh}\,L}[f(l)\,\mathrm{ch}\,x + f'(l)\,\mathrm{ch}\,x']$$

$$f(x) = e^x \int_0^x v e^{-x} dx, \qquad f'(x') = e^{x'} \int_0^{x'} v e^{-x'} dx';$$

v se trouvant habituellement déterminé par un graphique, il est commode

de remplacer la courbe v par un polygone à côtés rectilignes, ou paraboliques, et par suite de considérer le champ comme résultant de la superposition d'une suite de champs uniformes ou uniformément variables, c'est-à-dire tels que

$$v = Ax' + Bx + 4Dxx'.$$

Les calculs se trouvent ainsi grandement simplifiés et il devient aisé d'obtenir la représentation des courants qui traversent le conducteur dans un sens ou dans l'autre et leur importance numérique pour les diverses régions de ce conducteur.

On a alors sous les yeux l'image du phénomène tel qu'il tend à se produire normalement dans la masse métallique supposée isolée et l'on a aussi entre les mains les éléments nécessaires pour étudier méthodiquement les dispositions à prendre en vue de modifier le phénomène normal, si celui-ci présente des dangers d'électrolyse. En se reportant aux indications données dans la première partie de ce travail, on aperçoit immédiatement les points qu'il conviendrait de mettre en rapport avec des centres électriques extérieurs déterminés pour modifier cette répartition des traversées de courant dans tel ou tel sens regardé comme plus avantageux.

On a, en même temps, toutes les données propres à fixer les conditions que doivent remplir ces centres extérieurs, c'est-à-dire leur voltage et leur puissance de débit, pour établir telle ou telle compensation que l'on désire.

Lorsque la répartition du potentiel du sol le long du conducteur est réductible à la forme linéaire, on peut annuler simultanément les entrées et les sorties de courant et soustraire ainsi le conducteur à tout effet d'électrolyse.

Cette annulation complète des échanges cesse d'être théoriquement possible, dans le cas général, mais on peut obtenir alors, par la méthode indiquée, une réduction de la grandeur absolue de ces échanges qui, dans la pratique, équivaudra à leur suppression.

On peut ainsi établir, en particulier, la loi suivant laquelle une liaison entre la conduite enterrée et la voie du tramway peut augmenter, diminuer ou annuler les sorties de courant et, par là, agir directement sur les phénomènes d'électrolyse.

SPECTROSCOPIE. — *Contribution à l'étude de l'absorption, d'après les propriétés des phénols nitrés.* Note ([1]) de M. **Fred Vlès.** (Extrait d'un pli cacheté déposé le 21 janvier 1918.)

Dans les formules que nous avons données ([2]) pour représenter en longueurs d'onde le spectre des phénols nitrés, la correction α semble liée aux coefficients d'absorption et aux caractéristiques stéréochimiques. Si l'on place dans le plan $\alpha = f(K_N)$ (K_N étant le coefficient d'absorption du sommet de la composante de la bande N) les points représentatifs des différents phénols nitrés, ces points se groupent en territoires contigus plus ou moins nettement distincts, définissables par leurs limites, et dont chacun est caractéristique de positions stéréochimiques des groupements NO^2 (un « territoire 3-5 », un « 2-6 », un « 4 »); quant à la répartition des points dans chaque territoire, il semble que l'augmentation du nombre des groupements (en particulier lorsque la position caractéristique est doublée) se traduise par un éloignement par rapport à un « centre de figure » situé à la limite commune des trois territoires. Des phénomènes analogues s'observent avec la variable β; l'introduction des NH^2 donne des résultats souvent très aberrants pour la position des points N, mais assez concordants pour les points φ.

Constitution générale des spectres des phénols nitrés. — Au point de vue spectral, les phénols nitrés se comportent donc à la manière de « nitrates de phénol », associant les bandes des deux groupements en présence; les caractéristiques des bandes dépendent de l'influence réciproque de chacun des deux radicaux sur l'autre, puisque les propriétés des sommets des bandes N et φ sont régies à la fois par le poids des groupements surajoutés au noyau phénolique constant, par les positions qu'occupent ces groupements sur le noyau, et par des variables spécifiques de la nature des groupements.

Rapport entre la bande du composant et celle du composé. — Jusqu'à quel point peut-on reconnaître, dans la forme d'une bande d'un composé, celle de la bande du composant? Au simple examen qualitatif il semble bien que les bandes d'un composé aient le plus souvent conservé quelque individualité d'allure, et que s'y retrouvent certains détails que l'on a connus dans le spectre du composant isolé. La caractérisation quantitative d'une bande

---

([1]) Séance du 3 mai 1920.

([2]) *Comptes rendus,* t. 170, 1920, p. 1242.

d'absorption au moyen de la constance de rapports d'absorptions (rapports des coefficients d'absorption pour deux longueurs d'onde) nécessite que les λ considérés soient les mêmes dans le spectre pris comme étalon et celui qui lui est comparé. Or ici nous avons d'importants déplacements de la bande en longueurs d'onde, qui imposent la recherche de points de repère sur la bande même, indépendamment de sa position spectrale. Nous avons essayé, à cet effet, des rapports $\frac{K_s}{K_i}$ en prenant l'un des coefficients (K_s) sur le sommet λ_s et l'autre (K_i) sur un λ_i dont la distance au sommet est $\Delta\lambda = m\lambda_s$, m étant un paramètre identique pour les deux spectres comparés; cela revient en somme à admettre que le déplacement de la bande, pour passer du composant au composé, s'est fait suivant une loi d'homothétie. La pente de la courbe d'absorption entre λ_s et λ_i étant $\Delta K = R\frac{\Delta\lambda}{\lambda_s}K_s$, le coefficient d'absorption de λ_i est $K_i = K_s\left(1 + R\frac{\Delta\lambda}{\lambda_s}\right)$.

Dans ces conditions, l'étude des rapports dans le voisinage (même assez éloigné) du sommet des bandes N des phénols nitrés montre qu'on retrouve assez nettement dans les bandes de plusieurs de ces corps les caractéristiques de la bande de l'acide azotique, avec une assez grande approximation. On pourrait donc dans certains cas calculer *a priori* la forme d'une bande d'un composé à partir de la bande du composant, *à condition de connaître la position du sommet de la bande finale en* λ *et en* K (données qui pourraient d'ailleurs être apportées par des lois indépendantes analogues à celles qu'on a développées ci-dessus).

Voici à titre d'exemple le calcul de la bande N du dinitrophénol 3-4 à partir des paramètres R donnés par la bande de l'acide azotique, les régions spectrales des deux bandes, comme l'ordre de grandeur de leurs coefficients, étant nettement dissemblables (*fig.* 1)

(NO^3H : $\lambda_3 = 300^{m\mu}$, $K_s = 64$; dinitro 3-4 : $\lambda_s = 391^{m\mu}$, $K_s = 64,6.10^3$) :

λ_i...........	410.	378.	359.	342.
K_i calculé...............	59.10^3	53.10^3	38.10^3	35.10^3
K_i réel (interpol.).........	$5(5).10^3$	$5(8).10^3$	39.10^3	$3(5).10^3$

Mais l'étude de ces nouveaux rapports d'absorptions caractéristiques dans diverses familles de corps (en dehors des phénols nitrés) conduit à observer des concordances entre les bandes de corps totalement différents (urate de sodium, oxyhémoglobine, hydroquinone, etc.) entre lesquels des affinités de structure chimique peuvent quelquefois difficilement être invoquées. D'après les théories de la dispersion et de l'absorption, les bandes d'absorption, si elles étaient réellement simples, devraient,

à des questions d'intensité près, être représentées par des courbes de la même famille; les bandes d'un spectre complexe ne peuvent donc être reconnues individuellement au moyen de ce qui nous semble leur allure propre que toutes les fois qu'elles sont elles-mêmes des complexes, des associations de bandes élémentaires plus ou moins fusionnées; ce sont ces groupes caractéristiques qui se transportent en bloc, du composant au composé, et que nous pouvons reconnaître. Si ces groupes, soit par dissociation, soit au contraire par fusion complète, se simplifient et laissent

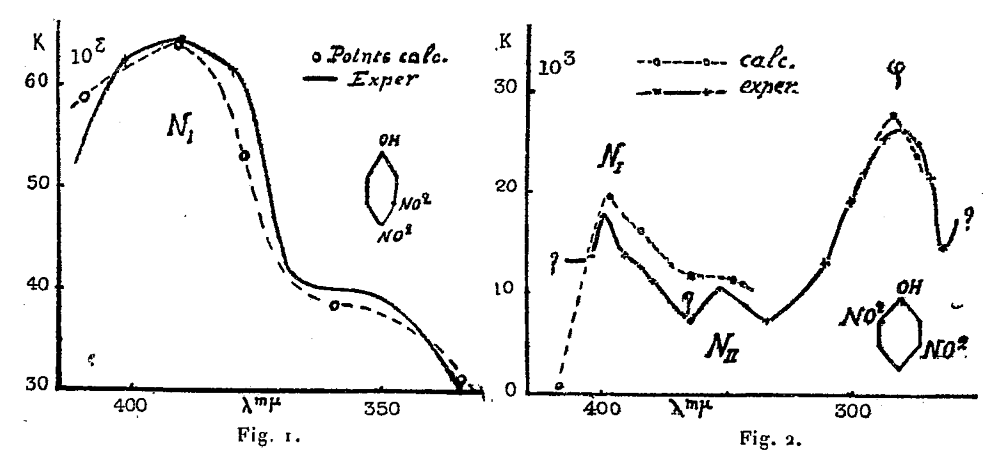


Fig. 1. Fig. 2.

transparaître leur élément primitif, leur allure doit tendre vers un aspect uniforme indépendant de la caractérisation chimique de leur substratum (et vraisemblablement assez analogue à la courbe asymétrique calculée par Planck pour l'absorption d'un grand nombre de résonateurs).

Calcul du spectre d'un corps d'après la constitution chimique de celui-ci. — En réunissant finalement tous les résultats précédents, nous avons tenté de calculer *a priori* le spectre complet d'un phénol nitré (dinitro 3-6), *uniquement d'après sa constitution et les propriétés de ses constituants.* Un hiatus existe dans le spectre calculé entre λ350 et la bande φ, cette portion nécessitant des constantes de l'acide azotique inférieures à la région spectrale limite de nos appareils (*fig.* 2).

	435.	417.	404.	400.	397 (N).	391.	385.	380.
Spectre réel....... 10^3.	14	—	13,9	17,6	—	13,7	12,8	11,2
Spectre calculè.... 10^3.	—	0,8	(14)	(18)	19,7	(17)	16,1	(14)

	365.	353.	348.	334.	289.	28 (7).	280.	275.
Spectre réel..... 10^3.	7,2?	10,5	—	7,4	25,6	—	26,3	25,0
Spectre calculé (¹). 10^3.	11,7	(11,4)	11,3	—	—	28	—	23,3

(¹) Les nombres entre ( ) sont interpolés sur courbes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique de la chloruration du benzène.* Note (¹) de M. F. **Bourion**, présentée par M. A. Haller.

En cherchant les conditions les plus favorables à la réalisation d'un rendement élevé en monochlorobenzène obtenu par action du chlore sur le benzène en présence de fer comme catalyseur, et en faisant varier la vitesse du chlore, la proportion de benzène laissée dans le chlorobenzène brut et la température, j'ai été conduit à une étude cinétique de cette chloruration.

Les expériences ont été faites sur un volume de benzène de 3^l, de densité $d^{4}_{13,5} = 0,884$ donnant un chlorobenzène brut de coefficient $C = 0,00170$ (¹) et les analyses par la méthode d'enrichissement (²); le chlore arrivait à la partie inférieure d'un récipient cylindrique en fonte de 7^{cm} de diamètre intérieur et $1^m,20$ de hauteur, contenant le benzène et le fer et fermé supérieurement par un couvercle présentant deux ouvertures, l'une destinée au passage d'un thermomètre, l'autre prolongée par un tube servant à la condensation de la plus grande partie des substances organiques entraînées par le gaz chlorhydrique.

I. *Influence de la vitesse du chlore.* — Le rendement est d'autant meilleur que la vitesse du chlore est plus grande; c'est ainsi qu'à 25°, pour une teneur en benzène de 25-26 pour 100, la proportion de polychlorés a été 6,51 pour 100 en un temps de chloruration égal à 3 heures 22 minutes, tandis qu'elle s'est élevée à 8,05 pour 100, dans une opération ayant duré 5 heures; toutefois, au delà d'une certaine vitesse, le rendement demeure invariable; l'accroissement du rendement s'explique par la diminution des surchauffes et par une augmentation du rôle actif du catalyseur sous l'effet d'une plus grande agitation.

II. *Influence de la concentration du benzène dans le chlorobenzène brut.* — J'ai suivi le rendement en réalisant des chlorurations de plus en plus avancées du benzène à 25°, sa teneur ayant varié de 68 pour 100 à 8 pour 100; le paradichlorobenzène étant le polychloré le plus abondant, nous pouvons limiter la chloruration aux deux réactions

$$(1)\qquad Cl^2 + C^6H^6 = C^6H^5Cl + ClH, \qquad (2)\qquad Cl^2 + C^6H^5Cl = C^6H^4\underset{1.4}{Cl^2} + ClH.$$

En appelant a la concentration initiale du benzène, x_1 celle du benzène transformé, x celle du paradichlorobenzène, C_1 la concentration du chlore dont l'ordre est supposé égal à n pour les deux réactions, l'ordre

(¹) Séance du 25 mai 1920.

(²) F. Bourion, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1181.

pour le benzène et le chlorobenzène étant 1, les équations cinétiques de (1) et de (2) sont :

$$(1') \qquad -\frac{d(a-x_1)}{dt} = \frac{dx_1}{dt} = k\, C_1^n (a - x_1),$$

$$(2') \qquad \frac{dx}{dt} = k' C_1^n (x_1 - x);$$

d'où

$$\frac{dx}{dx_1} = \frac{k'}{k} \frac{x_1 - x}{a - x_1} = K \frac{x_1 - x}{a - x_1}$$

en posant

$$K = \frac{k'}{k},$$

et par intégration

$$(1 - K) \operatorname{Log} \frac{a}{a - x_1} = \operatorname{Log}\left[1 + (1 - K)\frac{x_1 - x}{a - x_1}\right],$$

relation encore vraie pour les logarithmes vulgaires; on en tire K par approximations successives, les valeurs observées pour $a - x_1$, $x_1 - x$ et x ayant subi une légère correction du fait de l'entraînement des substances organiques par l'acide chlorhydrique; j'ai obtenu pour K dans 13 expériences :

N°.	$a - x_1$.	$x_1 - x$.	x.	K.
1...	87,03	27,73	0,626	0,150
2...	85,68	28,33	0,884	0,200
3...	83,85	29,76	0,76	0,155
4...	82,56	30,76	0,68	0,129
5...	66,68	40,92	1,33	0,120
6...	59,10	45,54	1,82	0,122
7...	57,40	46,69	1,837	0,115
8...	51,04	50,21	2,52	0,124
9...	35,51	58,95	4,06	0,113
10...	29,63	61,57	5,18	0,116
11...	22,38	64,44	6,83	0,1156
12...	21,88	64,55	7,01	0,1162
13...	14,04	65,91	10,14	0,1205

En éliminant les quatre premières expériences pour lesquelles la teneur des polychlorés n'est que 1 pour 100 et les erreurs relatives considérables, on a pour les neuf autres une bonne constante de K, avec la valeur moyenne 0,118; il ne s'agit pas là d'une coïncidence fortuite, car si l'on supposait l'ordre égal à 2 pour le benzène et le chlorobenzène et à n pour le chlore, on aurait

$$\frac{dx}{dx_1} = \frac{k'}{k'_1} \frac{(x_1 - x)^2}{(a - x_1)^2} = K' \frac{(x_1 - x)^2}{(a - x_1)^2}$$

qui conduit à

$$\sqrt{1 + 4K'} \operatorname{Log} \frac{a}{a - x_1} + \operatorname{Log} \frac{1 + 4K' - \sqrt{1 + 4K'}}{1 + 4K' + \sqrt{1 + 4K'}}$$

$$= \operatorname{Log} \frac{1 + 4K' - \sqrt{1 + 4K'} + 2K'\sqrt{1 + 4K'}\,\dfrac{x_1 - x}{a - x_1}}{1 + 4K' + \sqrt{1 + 4K'} - 2K'\sqrt{1 + 4K'}\,\dfrac{x_1 - x}{a - x_1}}$$

qui, résolue par approximations successives, donne

N°...	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
K'....	0,317	0,259	0,232	0,213	0,119	0,100	0,0751	0,0740	0,0516

et où la constance de K' est loin d'être vérifiée.

Nous en concluons : que l'ordre étant le même pour le chlore et sans pouvoir le préciser, il est 1 à la fois pour le benzène et pour le chlorobenzène, et cela sans faire de mesures de temps.

En adoptant la valeur $K = 0,118$, on voit que, pour une même concentration et pour un même temps, la fraction de molécule de benzène transformée en monochlorobenzène est $\frac{1}{0,118} = 8,5$ fois plus grande que la fraction de molécule de chlorobenzène transformée en paradichlorobenzène; on en déduit que pour un chlorobenzène brut à 99 pour 100 de benzène, le poids de benzine transformé est 842 fois plus grand que celui de chlorobenzène transformé, tandis qu'avec un chlorobenzène brut à 11 pour 100 de benzène et 74,1 pour 100 de chlorobenzène, ces poids sont sensiblement égaux; et, par là, on saisit l'abaissement rapide du rendement à mesure que la chloruration est plus avancée.

III. *Influence de la température.* — Le rendement décroît légèrement lorsque la température s'élève; dans des essais à 18° et à 35° on a observé :

t.	$a - x_1$.	$x_1 - x$.	x.	K.
18°................	35,71	59,12	3,84	0,107
35°................	35,71	58,43	4,36	0,123

et en appliquant les équations de Van' t Hoff aux réactions (1) et (2),

$$\log k_t = a + bt, \qquad \log k'_t = a' + b't,$$

on a

$$\log\frac{123}{107} = 17(b' - b), \qquad b' - b = 0,00356 \qquad \text{et} \qquad \frac{\dfrac{k'_t + 10}{k'_t}}{\dfrac{k_t + 10}{k_t}} = 1,085,$$

relation qui exprime qu'au voisinage de la température ordinaire et pour une élévation de température de 10°, le coefficient de température de vitesse de la transformation de mono en dichlorobenzène est supérieur d'environ 8,5 pour 100 au coefficient de température de la transformation du benzène en monochlorobenzène.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Résistance de tissus aux intempéries et aux rayons ultraviolets.* Note [1] de M. **Léo Vignon**, présentée par M. A. Haller.

J'ai effectué des expériences avec des tissus comparables entre eux au point de vue quantitatif des textiles.

1° Tissu de Schappe de soie pesant 100^g par mètre carré;

2° Tissu de lin pesant 110^g par mètre carré.

Des bandes de ces tissus mesurant $0^m,20 \times 0^m,05$ légèrement tendues sur des cadres ont été soumises ensemble pendant les mois de juin et de juillet aux actions suivantes :

Lumière solaire. — Des bandes tendues sur des cadres de bois ont été exposées verticalement aux rayons solaires derrière une vitre, dans un local sec, de 10^h du matin à 16^h, pendant 45 jours.

Chaleur sèche. — Les bandes de tissu ont été chauffées 20 minutes à 100°, puis introduites rapidement dans un flacon contenant du chlorure de calcium sec à sa partie inférieure et bouché immédiatement. Le flacon fut ensuite chauffé à l'étuve à 60°-65° pendant 3 heures par jour et abandonné à l'abri du soleil, à la température ordinaire, dans les intervalles du chauffage, pendant 45 jours.

Chaleur humide. — Chauffage des bandes de tissu dans un flacon contenant quelques centimètres d'eau sans mouiller les tissus, 3 heures par jour à 60°-65° (45 jours).

Humidité et soleil. — Les tissus sans être mouillés étaient placés dans de grands flacons de 3 litres bouchés, contenant un peu d'eau et exposés au soleil de 12^h à 18^h (45 jours).

Humidité et obscurité. — Les tissus ont été exposés comme dans l'essai précédent : le flacon qui les contenait a été conservé à l'abri du soleil, dans un placard fermé pendant la durée des expériences de 45 jours.

Rayons ultraviolets. — On a employé comme source de rayons ultraviolets une lampe Heraeüs, comportant un tube de quartz dans lequel la vapeur de mercure est illuminée sous l'influence d'un courant électrique continu.

---

[1] Séance du 25 mai 1920.

Les essais ont porté sur des bandes de tissus de lin et de schappe de soie de $0^m,17 \times 0^m,05$, placés à une distance de $0^m,10$ du tube lumineux. Pour obtenir des effets comparables, les bandes ont toujours été placées dans la même zone d'émission, par rapport à la lampe.

Pendant le fonctionnement de la lampe, on constate une odeur très prononcée d'ozone. Pour éliminer l'influence de l'ozone, des essais comparatifs ont été effectués dans un laboratoire fermé, ou à proximité d'une fenêtre ouverte (ozone dilué). Les résultats observés ont été identiques dans les deux cas. La lampe employée dégage une faible quantité de chaleur; la température à une distance de $0^m,10$ de la lampe fut constante et égale à 25° C. environ.

Voici les résultats obtenus :

INTEMPÉRIES.

Nature des épreuves.	Résistance à la rupture en kilogrammes par mètre.	Moyenne.	Affaiblissement pour 100.	Aspect du tissu.
	I. — Schappe de soie.			
1° Tissu type	1900-1920	1910	»	Blanc gris.
2° Lumière solaire à sec (derrière une vitre)	1580-1600	1590	20	Blanchi.
3° Chaleur 60°-65° en atmosphère sèche	1900	1900	0,5	Pas de changement.
4° Chaleur 60°-65° en atmosphère humide	1680-1660	1670	13	Un peu jauni.
5° Lumière solaire en atmosphère humide	1360-1360	1360	30	Moisissures vertes, noires, pas d'odeur.
6° Obscurité en atmosphère humide.	1760-1740	1750	9	Moisissures blanches, odeur de moisi.
	II. — Lin.			
1° Tissu type	1560-1540	1550	»	Blanc gris.
2° Lumière solaire à sec (derrière une vitre)	1300-1280	1290	20	Blanchi.
3° Chaleur 60°-65° en atmosphère sèche	1380-1380	1380	12	Pas de changement.
4° Chaleur 60°-65° en atmosphère humide	1300-1340	1320	15	Un peu jauni.
5° Lumière solaire en atmosphère humide	1060-1100	1080	31	Pas de changement.
6° Obscurité en atmosphère humide.	560-440	500	68	Nombreuses moisissures blanches, vertes, forte odeur de moisi.

RAYONS ULTRAVIOLETS.

	Résistance à la rupture en kilogrammes par mètre			
	Schappe de soie.	Affaiblissement. pour 100	Lin.	Affaiblissement. pour 100
1° Tissu type	1600	»	1800	»
(Après 24 heures d'exposition à 0m,10 de la lampe).	1300	20	580	68
2° Tissu type	1540	»	1780	»
(Après 48 heures d'exposition à 0m,10 de la lampe).	925	40	< 200	> 89
3° Tissu type	1520	»	1780	»
(Après 96 heures d'exposition à 0m,10 de la lampe).	817	48	< 200	> 89
4° Tissu type	1660	»	1840	»
(Après 72 heures d'exposition à 0m,30 de la lampe).	1470	17	1520	18

Conclusions. — Il résulte des mesures précédentes que les tissus d'origine animale (schappe de soie) résistent mieux que les tissus d'origine végétale (lin) aux intempéries et à l'action des rayons ultraviolets. Les différences que j'ai constatées et mesurées s'expliquent sans doute par ce fait que la molécule albuminoïde résiste mieux à l'hydrolyse que la molécule cellulosique. Elles concordent avec les notions déjà acquises sur la facilité avec laquelle la cellulose donne des produits de modifications tels que les hydrocelluloses et les oxycelluloses, alors que les textiles animaux ne permettent pas d'obtenir des produits analogues.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydrazine sur les dicétones 1.4 acycliques.* Note de M. **E.-E. Blaise**, présentée par M. Haller.

J'ai montré, dans une Note antérieure, que les dicétones 1.4 peuvent être obtenues par action des chlorures d'acides de la série succinique sur les dérivés organométalliques du zinc, en passant par l'intermédiaire des cycloacétals mixtes correspondants (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 504). La présente Note est relative à l'action de l'hydrazine sur ces dicétones. Gray (*Ch. Soc.*, t. 79, p. 682), puis Smith et Mc Coy (*Berichte*, t. 35, p. 2169) ont déjà obtenu, avec l'acétylacétone, un corps, décrit comme liquide et répondant à la formule $C^{12}H^{20}N^{4}$. Paal et Dencks (*Berichte*, t. 36, p. 491) ont, de même, examiné l'action de l'hydrazine sur la phénacylacétone et sur le diphénacyle. Dans ces deux cas, il se formerait des pyridazines, au lieu des dihydropyridazines qu'on pourrait attendre. Par contre, Paal et Ubber (*Berichte*, t. 36, p. 497), partant de l'éther diacé-

tylsuccinique, et éliminant ensuite les deux carboxyles, auraient obtenu une dihydropyridazine. Enfin, Smith (*Lieb. Ann.*, t. 289, p. 311) aurait préparé une dihydropyridazine par action de l'hydrazine sur la désylacétophénone. Comme on le voit, ces résultats sont peu concordants.

J'ai d'abord examiné l'action de l'hydrazine sur l'acétonylacétone. Si l'on opère en milieu acétique, il se forme une grande quantité de produits résineux. En milieu chlorhydrique, les résultats sont beaucoup meilleurs et l'on obtient un liquide très visqueux, bouillant à 155°-156° sous 10^{mm}, se prenant en une masse solide qu'on peut purifier par cristallisation dans l'éther de pétrole et qui fond à 52°-53°. Ce corps n'est donc pas liquide, mais il répond bien à la formule $C^{12}H^{20}N^{4}$; ce serait donc un dimère de la dihydropyridazine attendue. Ayant déjà observé, à propos de la cyclisation des dicétones 1.4, que l'acétonylacétone se comporte d'une manière anormale, j'ai été conduit à étudier l'action de l'hydrazine sur le dipropionyléthane symétrique. Deux réactions sont possibles, *a priori* :

CH — $C - C^2H^5$; N — NH^2 ; CH — $C - C^2H^5$ (cycle pyrrolique)

CH^2 — $C - C^2H^5$; CH^2 ; N ; $C^2H^5 - C$ — N (cycle dihydropyridazinique)

On peut d'ailleurs, pour le dérivé dihydropyridazinique (second schéma) prévoir trois constitutions différant seulement par la position des doubles liaisons.

Les deux corps réagissent très aisément en milieu acétique et l'on s'aperçoit aisément que le produit obtenu n'est pas homogène. Il se scinde, en effet, en deux constituants, dont l'un est une diéthyltétrahydropyridazine, et l'autre une diéthylpyridazine. La réaction ne s'effectue certainement pas dans le sens pyrrolique, car, comme je le montrerai plus tard, les N-aminopyrrols ont des propriétés très différentes de celles des pyridazines; en particulier, ils donnent toutes les réactions du groupement $-NH^2$ hydrazinique. Ainsi donc, l'action de l'hydrazine sur les dicétones 1.4 normales ne fournit pas la dihydropyridazine attendue, mais bien un mélange, en proportions sensiblement égales, de pyridazine et de tétrahydropyridazine. L'hydrogène rendu disponible par la transformation d'une molécule de dihydropyridazine en pyridazine se reporte donc sur une autre molécule et la transforme en dérivé tétrahydrogéné.

La diéthyltétrahydropyridazine bout à 100° sous 15^{mm}. C'est une base faible, non titrable. Elle fournit un dérivé monobenzoylé bouillant à 210° sous 16^{mm}. La diéthylpyridazine bout à 121°-122° sous 15^{mm}; elle est beau-

coup plus soluble dans l'eau que la base précédente. C'est aussi une base très faible. Son chloroplatinate fond à 180°-182° (chauffage lent) et son picrate, à 108°-109°. Elle ne réagit ni sur le chlorure de benzoyle, ni sur l'isocyanate de phényle, ce qui montre qu'aucun des deux atomes d'azote ne porte d'hydrogène.

Le fait que la diéthyltétrahydropyridazine ne donne qu'un dérivé monobenzoylé permet d'attribuer à cette base la constitution (I)

$CH^2 \quad C - C^2H^5$
$CH^2 \qquad\quad N$
$C^2H^5 - CH \quad NH$
(I).

$CH \quad C - C^2H^5$
$CH \qquad\quad N$
$C^2H^5 - C \quad N$
(II).

quant à la diéthylpyridazine, elle ne peut répondre qu'au schéma (II).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'alcool cérylique et l'acide cérotique de la cire de Chine.* Note de M. **Albert Gascard**, présentée par M. A. Haller.

Brodie a montré que la cire de Chine était constituée, presque exclusivement, par l'éther résultant de la combinaison d'un alcool (*cérylique*) avec l'acide correspondant (*cérotique*), auxquels il donnait les formules $C^{27}H^{56}O$ et $C^{27}H^{54}O^2$ et les P. F. 79° et 78°.

Ce même acide cérotique a été rencontré par Brodie dans la cire d'abeilles. Sa présence, ainsi que celle de l'alcool cérylique a été signalée dans les cires de gomme laque, de pavot, etc.

Pour la cire d'abeilles, Schalfejew (¹) constata que l'acide cérotique était mélangé d'un autre acide, que Nafzger (²) reconnut être l'acide mélissique. M. T. Marie (³) a repris l'étude de ce mélange; pour lui, l'acide cérotique fond à 77°,5 et sa formule n'est pas $C^{27}H^{54}O^2$, mais plutôt $C^{25}H^{50}O^2$.

Nous avons étudié l'alcool et l'acide de la cire de Chine. Deux échantillons de cette cire ont été utilisés, l'un nous a été procuré par M. Bréaudat, pharmacien des troupes coloniales, l'autre a été obtenu par la voie commer-

(1) Schalfejew, *Bul. Soc. chim. Paris*, t. 26, 1876, p. 450.
(2) Nafzger, *Liebig's Ann. der Chemie*, t. 224, 1884, p. 225.
(3) T. Marie, *Thèse doct.*, 1895, F. G. (Paris, Gauthier-Villars).

ciale, tous deux présentent les mêmes propriétés, leur point de fusion est : 80°,5-81.

Purification du cérotate de céryle naturel. — 100^g de cire, pulvérisée et tamisée (tamis n° 40), sont lavés à l'acétone bouillant, dans un appareil de Dupré, pendant 9 heures (90 siphonages environ). L'acétone enlève 21^g de produit, dont une partie, 7^g (P. F. 40°), reste en solution à froid (1^g,5), tandis que l'autre, 14^g, cristallise. P. F. 81°. Un second lavage, semblable, n'enlève que 4^g dont 0^g,25 restent en solution, et 3,75 cristallisent. P. F. 81°,5.

La cire, ainsi lavée, pèse 75^g et fond à 82°,5. On achève sa purification par des cristallisations fractionnées dans le benzène (20^g par litre), la filtration étant faite à 35°, dans un appareil évitant toute évaporation du dissolvant; le benzène mère en se refroidissant, de 35° à 15°, laisse déposer de nouveaux cristaux.

Après quatre cristallisations semblables, la température de fusion des cristaux séparés au-dessus et au-dessous de 35° est la même, 84°. Ces cristaux sont des lamelles losangiques 60°-120° isolées. Avant d'atteindre la purification, quand le point de fusion est 83°, les cristaux sont en masses feutrées et beaucoup plus brillants. Nous avons déjà signalé ces faits au sujet d'autres composés (laccérol, alcool myricique, etc.).

Saponification de l'éther. — 24^g d'éther cérylcérotique sont chauffés à reflux avec 60$^{cm^3}$ d'alcool contenant 12 pour 100 de KOH, et 60$^{cm^3}$ de benzène. Rapidement le liquide devient homogène, on maintient l'ébullition pendant 3 heures, puis on ajoute 1 litre d'alcool à 95° et, dans le liquide bouillant, 60$^{cm^3}$ d'une solution alcoolique de $CaCl^2$ à 18 pour 100. Après quelques minutes d'ébullition, on filtre à chaud, le cérotate de calcium reste sur le filtre.

Par refroidissement de la solution filtrée, l'alcool cérylique cristallise. Les cristaux, séparés, sont agités avec une grande masse d'eau, essorés et desséchés. Cet alcool est purifié par des cristallisations dans le benzène, qui le dissout abondamment à chaud et peu à froid, il affecte la forme de lamelles losangiques; son point de fusion s'élève de 79° à 80°.

Pour déterminer le poids moléculaire de l'alcool cérylique, nous l'avons transformé en éther iodhydrique, par l'action de l'iode et du phosphore.

L'iodure de céryle, purifié par des cristallisations dans l'éther, se présente en lamelles losangiques fondant à 59°.

Le dosage de l'iode a donné 25,07 et 24,93, moyenne 25 pour 100. La formule $C^{27}H^{55}I$ renferme 25,098 pour 100 d'iode. Pour $C^{26}H^{53}I$ et $C^{25}H^{51}I$, les quantités d'iode seraient 25,81 et 26,569.

L'amalgame de sodium, agissant sur la solution alcoolique chaude de cet iodure, a donné un corps fondant, après purification, à 59°,5, se différenciant de l'iodure par l'absence d'iode et des solubilités différentes. Or, l'heptacosane préparé par Krafft, en partant de la myristone, fond à 59°,5.

La formule donnée par Brodie à l'alcool cyrélique se trouve donc confirmée.

Acide cérotique. — Le sel de calcium, séparé précédemment, est lavé, dans un appareil Dupré, par le benzène bouillant jusqu'à ce qu'il n'enlève plus rien. Le sel de calcium est traité par l'acide acétique cristallisable, chaud qui, par refroidissement, abandonne un mélange de cristaux d'acide cérotique et d'acétate de calcium. L'eau froide élimine ce dernier; l'acide cérotique, cristallisé dans le benzène, fond à 79°,5-80°; des cristallisations, dans l'éther, élèvent le point de fusion jusqu'à 82°-82°,5.

Le même acide peut être obtenu par oxydation de l'alcool. Il suffit de projeter l'alcool cérylique, par petites portions, dans 20 parties d'acide acétique bouillant, chargé d'un poids de bichromate de potassium (partie en solution, partie en poudre) égal au poids d'alcool. Le bichromate, en solution, est réduit immédiatement et remplacé, au fur et à mesure, par la dissolution de la poudre. Le bichromate doit être toujours en excès, sans quoi un peu d'éther cérylcérotique prendrait naissance. L'eau précipite l'acide cérotique, en grande partie à l'état de sel de chrome, soluble dans le benzène. L'agitation de cette solution avec quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique enlève l'oxyde de chrome. La solution benzénique, lavée à l'eau, puis desséchée sur le sulfate de sodium sec et filtrée, laisse déposer les cristaux en lamelles losangiques, fondant à 81°,5-82°.

Un titrage acidimétrique a donné le poids moléculaire 411; $C^{27}H^{54}O^2$ correspond à 410.

Le sel de potassium, ainsi obtenu, a été transformé en sel de calcium qui, épuisé par le benzène et décomposé par l'acide acétique, a fourni un acide fondant, après trois cristallisations dans le benzène, à 82°-82°,5, comme l'acide de saponification.

Ainsi que l'avait vu Brodie, la cire de Chine est donc bien formée, pour la plus grande partie, de cérotate de céryle, c'est-à-dire d'un alcool fondant à 80°, répondant à la formule $C^{27}H^{56}O$, éthérifié par l'acide correspondant, l'acide cérotique $C^{27}H^{54}O^2$ (P. F. 82°-82°,5); mais cet acide doit être différent de l'acide de cire d'abeilles, auquel on donne le même nom et qui, d'après M. T. Marie, fond à 77°,5 et répondrait à la formule $C^{26}H^{52}O^2$ ou plutôt $C^{25}H^{50}O^2$.

A l'appui de cette opinion, rappelons que, pour tous les termes de cette série, le point de fusion de l'acide est toujours plus élevé que celui de l'alcool correspondant, même lorsque le nombre des atomes de carbone est impair.

BOTANIQUE. — *Observations vitales sur le chondriome d'une Saprolégniacée.* Note de M. A. GUILLIERMOND, présentée par M. Gaston Bonnier.

En faisant séjourner dans de l'eau des cadavres de mouches, nous avons pu obtenir leur envahissement par une espèce du genre *Saprolegnia*, qui constitue un des objets les plus favorables que nous connaissions pour l'étude vitale du chondriome et qui nous a permis de faire des observations très précises. Ce champignon offre, en outre, un intérêt spécial parce que c'est sur une espèce analogue que M. Dangeard (¹) a réalisé une de ses observations vitales les plus complètes qui l'ont amené à admettre que ce que nous avons décrit comme chondriome dans les Champignons se rapporte au système vacuolaire.

Si l'on observe sur le vivant à un fort grossissement, les filaments de ce Champignon, on y distingue d'abord un nombre plus ou moins considérable de petits granules très réfringents qui sont les éléments les plus visibles du cytoplasme (*fig.* 1 et 2, GG). Ces granules, qui se déplacent très rapidement dans les mouvements cytoplasmiques et qui brunissent par l'acide osmique, correspondent aux microsomes décrits par M. Dangeard. Ces granules sont extrêmement nombreux dans les extrémités des filaments et surtout dans ceux qui sont destinés à former les sporanges et dans les zoospores; ils sont peu abondants dans les parties moins jeunes des filaments. Leurs dimensions varient dans une certaine mesure; le plus souvent, ils sont extrêmement petits, mais dans quelques cas, ils prennent l'aspect de globules de dimensions moyennes.

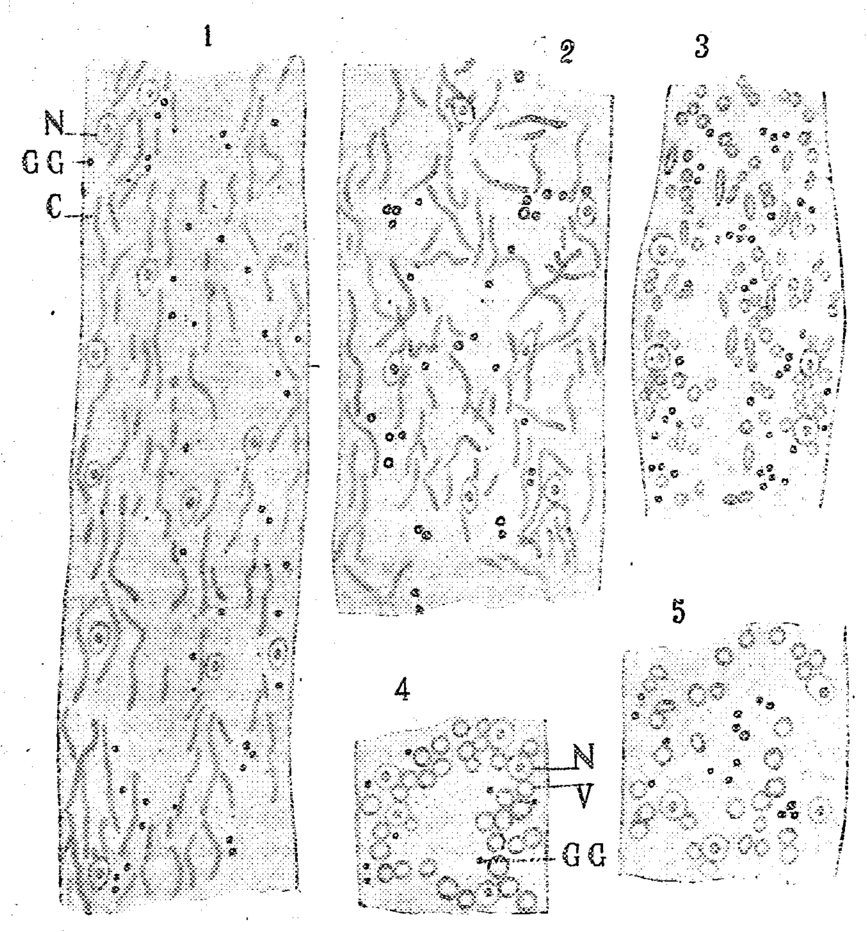
Ces éléments nous paraissent être des globules graisseux semblables à ceux que nous avons observés dans les cellules épidermiques de la fleur de Tulipe et de la feuille d'*Iris germanica*. Ils n'ont en tous cas aucun rapport avec les éléments décrits sous le nom de mitochondries.

Le système vacuolaire est visible seulement dans les extrémités des filaments; ailleurs il est difficile à distinguer; les colorations vitales, dont nous parlerons plus loin, permettent de l'observer d'une façon très nette.

Le chondriome est généralement impossible à déceler dans les extrémités des filaments destinées à former les sporanges et dans les zoospores, parce qu'il se trouve masqué par l'extrême abondance des granulations graisseuses. Il est également difficile à observer dans les tubes germinatifs des zoospores qui ont un cytoplasme très dense et souvent aussi dans les extrémités des filaments en voie de croissance qui renferment beaucoup de granules graisseux. Par contre, il se montre avec la plus grande netteté dans les parties un peu plus âgées dans lesquelles les granulations graisseuses sont moins nombreuses et où le cytoplasme est très transparent. Le cytoplasme s'y présente sous forme d'une substance hyaline, d'aspect homogène, qui renferme, en

(¹) *Société de Mycologie*, 1916.

outre des microsomes, de petits noyaux se présentant comme des vésicules pourvues d'un nucléole assez réfringent, et un chondriome presque exclusivement constitué par des chondriocontes de diverses longueurs; les uns apparaissent comme des bâtonnets courts, mais le plus grand nombre affectent la forme de longs filaments très minces, onduleux et orientés surtout dans le sens de la longueur du filament (*fig.* 1, C, et *fig.* 2).



Chondriome de *Saprolegnia* (*in vivo*).

Les mitochondries granuleuses sont extrêmement rares; toutefois, dans les extrémités des filaments, les bâtonnets et même les mitochondries granuleuses sont beaucoup plus nombreuses, tandis que les chondriocontes allongés sont rares. Les éléments du chondriome sont toujours très faciles à distinguer des granulations graisseuses par leur réfringence beaucoup moins accusée, et leurs mouvements sont beaucoup plus lents. Ils s'observent presqu'aussi nettement que dans les cellules épidermiques de Tulipe et d'Iris que nous avons observés dans de précédentes recherches.

Les conditions de la préparation déterminent souvent des altérations du chondriome

qui se manifestent d'abord par un gonflement des chondriocontes, puis par leur segmentation (*fig*. 3) et par la transformation des segments en vésicules rondes qui peuvent grossir beaucoup (*fig*. 4, V, et *fig*. 5) et s'accoler les unes aux autres. Ces altérations sont absolument semblables à celles que nous avons constatées dans les cellules épidermiques de la fleur de Tulipe.

Le réactif ioduré conserve très bien le chondriome et même le rend plus apparent en lui donnant une teinte jaune plus marquée que celle du cytoplasme.

Le chondriome se conserve également dans une solution d'acide osmique; il ne réduit pas l'acide osmique.

Il nous a été impossible de colorer vitalement le chondriome par le violet de Dahlia.

Les colorations vitales au rouge neutre, au bleu de nil ou au bleu de crésyl nous ont permis de mettre en évidence le système vacuolaire qui fixe très rapidement ces colorants.

Dans les extrémités des filaments, le système vacuolaire apparait parfois sous forme de petites vacuoles qui se colorent d'une manière diffuse et prennent avec les colorants une teinte rougeâtre très marquée, mais, le plus souvent, il apparaît sous forme de canalicules ou d'un fin réticulum avec épaississements nodaux. Dans les parties plus âgées, ce réticulum arrive, en se gonflant, à constituer une grande vacuole qui occupe la majeure partie du filament dont le cytoplase est alors réduit à une couche pariétale plus ou moins mince. Cette couche pariétale est parfois parcourue également par de fins canalicules. Tout le suc vacuolaire se colore d'une manière diffuse, et l'on voit apparaître souvent en son sein des corpuscules métachromatiques, de dimensions variables, colorés d'une manière intense. C'est dans ces régions à cytoplasme mince où le chondriome s'observe avec le plus de netteté. On peut constater qu'il ne prend jamais le colorant et qu'il est absolument indépendant du système vacuolaire. Dans les zoospores on observe, comme l'a montré M. Dangeard, de nombreux corpuscules métachromatiques qui semblent résulter de la déshydratation des vacuoles et qui se transforment en vacuoles lors de la germination.

Il est donc évident que les canalicules colorables métachromatiquement par le bleu de crésyl qui ont été décrits par M. Dangeard sous le nom de *mitochondries* représentent les figures initiales du système vacuolaire qui sont incontestablement distinctes du chondriome. Ces figures ne rappellent que d'une manière extrêmement vague le chondriome qui coexiste avec elles et apparait avec la plus grande netteté. Ce chondriome a été complètement inaperçu de M. Dangeard (¹).

(¹) Les mitochondries ont été déjà entrevues par M. A. Meyer dans *Achlya* et correctement interprétés comme des leucoplastes (*Bot. Zeitung*, 1904).

BOTANIQUE. — *Obtention d'une race nouvelle d'Asphodèle par l'action du climat marin.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une précédente Note, j'ai fait voir comment, après une vingtaine d'années de séjour dans mon jardin d'Erquy (Côtes-du-Nord), établi sur des dunes recouvertes de $0^m,80$ d'épaisseur de terre végétale rapportée, l'*Asphodelus luteus* importé du Jardin botanique de Rennes s'était modifié d'une façon remarquable. Le type nouveau se différenciait de l'ancien par sa couleur plus verte; par ses feuilles plus petites, plus nombreuses, plus serrées et de structure assez différente; par ses tiges plus grêles, ses inflorescences ramifiées, plus allongées et moins serrées; par l'époque tardive de sa floraison, par la forme et la petite taille des fruits et des graines, etc.

En 1918, j'ai divisé les pieds de la forme nouvelle et j'en ai replanté deux à Rennes, dont l'un a été placé tout à côté de la plante originelle. J'ai constaté que cette forme nouvelle conservait intégralement les caractères acquis. Autant qu'on en peut juger par une expérience de deux ans, il semble bien que la variété soit susceptible d'être propagée par division des touffes, c'est-à-dire par multiplication végétative. C'est là un premier point intéressant.

Au début du printemps de 1919, je semai comparativement des graines d'*Asphodelus luteus* récoltées à Rennes sur le pied normal et d'autres graines récoltées à Erquy sur la variété nouvelle. J'obtins ainsi de jeunes semis qui, tout en restant à l'état de rosette, présentèrent une hérédité complète quant à la forme, aux dimensions, à la structure et à la couleur des feuilles. Cette année, les descendants de la plante de Rennes ont des feuilles grandes et glauques; ceux provenant des graines d'Erquy ont des feuilles vertes, petites, mais nombreuses, et ils montent à fleurs exactement comme le pied d'Erquy replanté à Rennes. En un mot, l'hérédité par graines est aussi complète que par multiplication végétative.

Cette année, j'ai semé comparativement des graines de l'*Asphodelus luteus* normal récoltées à Rennes, celles de la forme nouvelle récoltées à Rennes et d'autres provenant des pieds restés à Erquy. Je donnerai ultérieurement les résultats de ces nouveaux semis qui semblent, *a priori*, avoir bien des chances de corroborer la première expérience. S'il en est ainsi, il s'agira, suivant la tournure d'esprit du classificateur, soit d'une race, d'une

petite espèce ou d'une véritable espèce nouvelle à laquelle je donnerai le nom d'*Asphodelus luteoides*, pour rappeler son origine.

Pour le moment, je me borne à signaler le fait, et je laisse aux naturalistes qui s'occupent de génétique le soin de tirer les conclusions qu'il comporte au sujet de l'hérédité des caractères acquis et de la variation chez les plantes. Le fait est d'autant plus probant que l'*Asphodelus luteus* est une plante méridionale qui n'a jusqu'ici, donné par la culture, à ma connaissance du moins, aucune variété dans les jardins.

BOTANIQUE. — *Sur la grande richesse en matières azotées de certains maniocs du Cambodge.* Note de M. **P. Ammann**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le manioc, dont les racines servent à préparer des produits alimentaires très recherchés (farines, fécules, tapiocas, etc.), constitue une des principales plantes vivrières de la zone équatoriale.

On connaît de nombreuses variétés de manioc : mais toutes se font remarquer par une extrême pauvreté de leurs racines en matières azotées; aussi a-t-on l'habitude de considérer le manioc seulement comme un producteur de matières amylacées.

Une analyse de Payen indique 3,51 comme proportion de matières azotées; Théodore Pekelt donne 2,5 et 3,0 pour 100 pour un manioc blanc et un manioc rouge (ces trois chiffres sont rapportés à la matière sèche). Plusieurs analyses faites au laboratoire du Jardin Colonial sur des maniocs de provenances très variées ont accusé des proportions encore plus faibles de matières azotées.

Manioc de :	Humidité pour 100.	Matières azotées (1) pour 100.
Madagascar	16,05	0,74
»	13,87	0,82
»	13,55	1,17
Nossi-Bé	12,16	0,91
Réunion	12,61	0,64
Guinée	13,68	1,40
Dahomey	13,81	0,82
»	12,46	1,49
»	12,21	1,23
Annam	14,23	0,96

(1) Pour 100 de racines décortiquées, et après élimination de l'acide cyanhydrique

Or l'Agence économique de l'Indo-Chine a transmis au Jardin colonial, aux fins d'analyses, des racines de manioc provenant du Cambodge, dans lesquelles la matière azotée est beaucoup plus abondante.

Les racines proviennent de semis de graines effectués à Pnom-Penh par M. Martin de Flacourt, directeur des Services agricoles du Cambodge, en vue d'obtenir des variétés nouvelles. Les plants issus de ces semis ont été étudiés avec soin, sélectionnés, et, parmi les variétés nouvelles obtenues, six se sont montrées meilleures que les autres par des qualités de précocité ou par un rendement de racines plus élevé.

L'analyse chimique effectuée sur ces échantillons a donné les résultats suivants :

	Numéro d'enregistrement au Jardin colonial.					
	15.858 153 A 1 (p. 100).	15.859 154 A 2 (p. 100).	15.860 155 A 3 (p. 100).	15.861 156 A 4 (p. 100).	15.862 157 A 5 (p. 100).	15.863 158 A 6 (p. 100).
Humidité	11,58	11,02	11,16	11,06	11,00	10,72
Matières azotées	2,93	4,33	4,33	4,33	6,93	7,43
Matières saccharifiables	74,00	75,30	76,00	77,60	70,00	75,60
Cellulose brute	2,70	2,65	2,73	2,10	2,55	2,13
Cendres	2,48	2,80	2,50	2,74	2,88	2,74
Acide cyanhydrique (en milligrammes pour 100g de matières).	3,7	4,7	2,2	7,8	6,0	2,4

Le point remarquable mis en évidence par ces analyses est, sauf pour le n° 1, la richesse élevée en matières azotées de ces variétés nouvelles et tout particulièrement pour les nos 5 et 6. Dans ces deux dernières variétés, la richesse en matières azotées est presque égale à celle du riz, et cette remarque est tout à fait digne d'attention si l'on se rappelle que le manioc est la base de l'alimentation pour un grand nombre d'indigènes : la plus grande richesse en azote augmente en effet la valeur nutritive de ces maniocs.

Ces nouvelles variétés de manioc appartiennent à la catégorie des maniocs doux, c'est-à-dire ne renfermant que des traces d'acide cyanhydrique (ce que l'analyse a du reste confirmé). Cependant pour ne doser que des matières azotées alimentaires, les analyses ont été faites après élimination totale de l'acide cyanhydrique.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Recherches sur les Poiriers, Noyers, Châtaigniers des parties froides de l'Indo-Chine et du Sud de la Chine.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Les Poiriers sont représentés dans la Chine méridionale et au Tonkin par des espèces cultivées, différentes du *Pirus communis* et désignées sous le nom collectif de *Poiriers de Chine*, à fruits très pierreux, peu juteux, bons pour faire des compotes. A ce groupe appartient le *Pirus Simonii* Carrière, race du *P. ussuriensis* Maxim., que nous avons vu dans un jardin annamite à Thanh-Ba (Tonkin) et qui existe çà et là dans la moyenne région. Les indigènes le multiplient non par greffe, mais par bouturage ou par marcottage aérien.

Deux espèces de *Pirus* se rencontrent à l'état spontané dans les régions montagneuses de l'Indo-Chine et peuvent servir de porte-greffes pour les poiriers cultivés : l'une est le *P. Pashia* Ham (inclus *P. Kumaoni* Dcne) remarquable par son polymorphisme foliaire; l'autre est le *P. granulosa* Bertol., que nous avons rencontré dans le domaine expérimental de l'Institut Pasteur, au Honba, à 1500^{m} d'altitude dans la chaîne annamitique et dont le genre de vie mérite d'être signalé :

L'autre espèce, le *P. granulosa*, vit dans la grande forêt vierge et humide et il se développe d'abord dans l'humus, à la fourche des arbres, comme les orchidées épiphytes, parfois à 10^{m} de hauteur. Peu à peu les racines principales descendent le long du tronc support et elles finissent par atteindre le sol où elles s'enracinent. C'est à partir de ce moment que le poirier développe fortement ses branches, fleurit et fructifie en entremêlant sa ramure qui a parfois 8^{m} à 10^{m} de diamètre, à celle de l'arbre-support.

Au Yunnan se rencontre à l'état cultivé un Noyer remarquable, à coque mince, très fragile, le *Juglans duclouxiana* Dode. C'est une espèce intéressante à cultiver, qui a été plantée dernièrement en plusieurs points du Tonkin et du Laos. Une autre espèce, celle-ci à coque très dure, le *J. sagillata* Dode, vit dans la même région. Ces deux noyers donnent un très beau bois. Il a été reconnu qu'il pouvait être substitué au noyer commun pour la fabrication des crosses de fusil : il existait en 1917 une disponibilité de 10000 tonnes de ce bois à Yunnanfou; son exploitation avait été envisagée pendant la guerre pour le ravitaillement de la France, mais on préféra finalement les bois du genre *Lagerstrœmia* connus sous le nom annamite

de *Banlang* et qui forment des peuplements presque purs dans certaines forêts de la Cochinchine et du Cambodge.

Il existe un Châtaignier arborescent très répandu au Yunnan et fournissant des châtaignes moyennes, de bonne qualité, se reproduisant de graines sans avoir recours au greffage. C'est le *Castanea Duclouxii* Dode, espèce que nous assimilons au *Castanea vulgaris* Lamk. *var. Yunnanensis* Franchet. A ces noms il faut substituer le nom plus ancien de *C. mollissima* Blume qui désigne la même espèce.

Un semis de châtaigniers du Yunnan a été fait par M. Miéville en novembre 1909 à Chapa (Tonkin). En 1917 ils étaient devenus des arbres et commençaient à rapporter de belles et bonnes châtaignes, mûres vers le 10 octobre.

Enfin tout dernièrement M. le commandant Eon a découvert dans la région montagneuse du deuxième territoire militaire du Tonkin un châtaignier à fruits très velus, à feuilles pubescentes presque argentées en dessous qui semble constituer une variété (*C. Eonii* A. Chev.). de l'espèce précédente.

Enfin cette énumération serait incomplète si nous ne signalions l'existence en Indo-Chine d'une douzaine d'espèces de *Castanopsis* dont plusieurs se rapprochent du genre *Castanea*. L'une des espèces C. *tribuloides* C. DC. est cultivée dans la moyenne région du Tonkin (Pays du Détham) et les Annamites en tirent une amande qui a le goût de la noisette.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nécrose du liber de la tige de pomme de terre atteinte de la maladie dite « de l'enroulement »*. Note de M. **Et. Foëx**, présentée par M. L. Mangin.

Bien que, dans tous les cas d'enroulement que nous avons observés, nous ayions rencontré la nécrose du liber décrite par Quanjer, nous ne croyons pouvoir affirmer dès à présent l'existence d'une corrélation entre l'altération de ce tissu et la maladie en question.

Les descriptions morphologiques des altérations données par Quanjer [1] et Artschwager [2] nous paraissent exactes. Mais nos recherches micro-

---

(1) Quanjer, *Die Nekrose des Phloëms der Kartoffelpflanze, die Ursache der Blattrollkrankheit;* Wageningen, 1913.

(2) Artschwager, *Histological studies on potato leaf-roll* (*Journ. of Agricultural Research*. Washington, december 1919).

chimiques nous conduisent à des conclusions différentes de celles de ces auteurs.

La nécrose se produit dans les libers externe et interne, parfois aussi dans le péricycle et le parenchyme périmédullaire. Elle débute en général par les angles cellulaires, qui se gonflent, jaunissent ou brunissent; l'altération gagne peu à peu la couche moyenne des parois adjacentes et s'étend à certaines cellules voisines. La modification, que subit la membrane, progresse de sa partie médiane vers la cavité cellulaire, qu'elle n'atteint généralement pas, car une lame demeurée indemne revêt le plus souvent cette dernière. Les parois épaissies ont fréquemment un aspect feuilleté. Leur gonflement devient parfois suffisant pour réduire sensiblement ou annihiler même la cavité cellulaire. Ces membranes épaissies et les matières denses, qui apparaissent dans certaines cellules, donnent naissance à des masses foncées, dans lesquelles il est difficile de retrouver trace des éléments constituants. Dans d'autres cas, les cellules nécrosées, qui ont perdu toute turgescence, sont écrasées par leurs voisines restées vivantes, d'où formation de sortes de lacunes noirâtres. Plus rarement, les parois nécrosées restent minces.

Pour Quanjer, les membranes cellulaires nécrosées sont lignifiées; pour Arschwager, elles sont cutinisées ou cellulosiques. Nos essais nous amènent aux conclusions suivantes. Au début de la nécrose, les parois présentent les réactions des matières pectiques : rouge de ruthénium (rouge), safranine (rouge orangé), carmin aluné (rouge). On sait que R. Mirande [1] a démontré que le carmin aluné est un colorant des matières pectiques. Par les traitements indiqués par Mangin [2] (acide chlorhydrique 2 pour 100 et potasse 2 pour 100 à l'ébullition ou bien permanganate de potassium à 2 pour 100, lavage à l'eau oxygénée, acide acétique 50 pour 100, eau ammoniacale), on élimine suffisamment les matières pectiques pour atténuer les teintes que donnent aux parois leurs colorants spécifiques.

Ensuite la membrane nécrosée subit des modifications telles que le carminovert la colore, non plus en rouge, mais en violet foncé ou en bleu noirâtre. Elle présente alors les réactions suivantes : acide iodhydrique (jaune), phlo-

---

(1) R. MIRANDE, *Sur le carmin aluné et son emploi combiné avec celui du vert d'iode en histologie végétale* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 197).

(2) MANGIN, *Recherches anatomiques sur les composés pectiques* (*Journ. de Bot.*, 1893).

roglucine et acide chlorhydrique (rouge), sulfate d'aniline (jaune), réactif de Maule (rouge), chlorure de benzidine et bichromate de potassium [1] (brun verdâtre foncé), Sudan III (rouge), teinture d'Orcanette (rose, moins nette que par le Sudan).

La solubilité dans le réactif de Schulze, les colorations par la phloroglucine et le sulfate d'aniline caractérisent la lignine, dont le réactif de Maule et la fuchsine ammoniacale semblent aussi indiquer la présence. Mais l'insolubilité dans l'acide sulfurique et dans les alcalis bouillants, laissent supposer que la lignine est associée à la cutine ou à la subérine et, eu effet, les colorations par le Sudan III et par l'Orcanette révèlent l'existence de l'une ou l'autre de ces substances.

En résumé : La leptonécrose est un processus de dégénérescence pectique, qui n'est pas poussé assez loin pour aboutir à la production d'un véritable flux gommeux, comme celui qui se manifeste dans le liber de tant d'acacias [2]. Il est vraisemblable que c'est à l'apparition assez rapide de la lignine et de la subérine que doivent être attribués l'arrêt de gonflement pectique et le durcissement des éléments nécrosés. La lignosubérification paraît être particulièrement précoce dans les membranes qui restent minces.

Rappelons que la lignine est souvent associée à la gomme dans les tissus blessés, dans certaines réactions cicatricielles [Tison [3]] ou encore dans les cellules qui ont subi certaines actions parasitaires [Ducomet [4]]. L'association de la lignine et de la subérine est fréquente dans le liège normal et dans certains produits de réactions cicatricielles. La lignine apparaît souvent aussi dans les parois cutinisées, notamment dans le cas des cellules parasitées par des champignons à thalle subcuticulaire (Ducomet). Mangin

---

(1) Cette coloration nous a été recommandée par M. le professeur Mangin, qui l'a imaginée. Le chlorure de benzidine à 1 pour 100 s'emploie à chaud, il colore en rouge orangé, on lave ensuite et l'on teinte par le bichromate de potassium à 1 pour 100. Il se forme du bichromate de benzidine, qui se fixe énergiquement sur le bois, la cutine et la subérine, auxquels il procure une couleur brun verdâtre foncée, très nette et fort durable. Sur les parois cellulaires se dépose un précipité cristallin bleu, qui peut être facilement éliminé par un rapide traitement à l'acide sulfurique à 30 pour 100.

(2) Lutz, *Contribution à l'étude chimique et botanique des gommes* (Thèse, 1895).

(3) Tison, *Recherches sur la chute des feuilles chez les Dicotylédones* (Thèse).

(4) Ducomet, *Recherches sur le développement de quelques champignons parasites à thalle subcuticulaire* (Thèse, 1907).

a démontré l'importance des matières pectiques dans le processus de la cutinisation et Ducomet pense que ces dernières jouent un rôle analogue dans le phénomène de la lignification. Du reste, l'identité de composition qui, d'après Cross [1], existerait entre la pectine de la groseille blanche et la lignocellulose type, nous permet de concevoir aisément que les substances, qui appartiennent à ce dernier groupe, puissent succéder à celles du premier.

La série des transformations, que subit la membrane nécrosée du liber (production de matières pectiques au début, de lignine et de subérine ensuite), ne correspond donc pas à un phénomène nouveau. Seules l'apparition très précoce de ces deux dernières substances, et la localisation, en général très étroite, des altérations donnent à la leptonécrose une allure spéciale.

Nous avons laissé de côté dans cette Note les transformations subies par le protoplasme des cellules nécrosées.

PHYSIOLOGIE. — *Régénération du testicule chez le pigeon carencé.* Note de M. **Paul Portier**, présentée par S. A. S. le Prince de Monaco.

On sait que sous l'influence d'une nourriture privée de vitamines, certains organes subissent une atrophie très marquée. Le thymus et les organes génitaux présentent, dans ces circonstances, l'involution la plus remarquable. Mc Carrisson [2] a bien mis ces faits en évidence ; nous les avons constaté aussi avec une grande netteté chez le pigeon, et nous avons étudié avec soin les modifications histologiques qui accompagnent la régression de l'organe [3]. Nous avons enfin essayé de dégager le sens général du phénomène qui, pour nous, est une résorption, par l'organisme, de la matière des noyaux vivants.

Il est remarquable de constater que les phénomènes précédents sont réversibles, c'est-à-dire que si l'oiseau, près de succomber aux effets du régime dévitaminisé, est renourri aux graines complètes et crues, les organes

(1) Cross, *Sur la constitution des matières pectiques* (*Berichte*, 1895, p. 2609). — Cross et Bevan, *Recherches sur la cellulose*, 1895-1910 (Paris, 1914-1917).

(2) *The pathogenesis of deficiency disease* (*The indian Journ. of med. Research*, janvier 1919).

(3) P. Portier, *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 960.

reprennent progressivement leur volume habituel et leur structure normale.

Ayant, d'autre part, constaté la néo-formation d'organes lympho-épithéliaux dans la partie distale du cœcum du lapin après ablation de l'appendice ([1]), je me suis demandé s'il n'était pas possible de faire un pas de plus dans cette voie, c'est-à-dire de faire l'ablation d'une partie d'un organe chez un oiseau carencé et de constater la régénération de cet organe sous l'influence d'une nourriture riche en vitamines.

Je donnerai ici les résultats des expériences qui ont porté sur les testicules du pigeon.

Les glandes mâles des oiseaux sont situées dans l'abdomen et appliquées de chaque côté de la colonne vertébrale, c'est dire qu'elles sont profondément situées, sous-jacentes aux replis du tube digestif, et difficilement accessibles à l'opérateur, surtout lorsqu'elles ont considérablement diminué de volume sous l'influence du régime dévitaminisé.

L'ablation partielle du testicule était pratiquée sur l'organe droit qui est moins difficile à atteindre que le gauche, ce dernier étant masqué par le gésier. On utilisait des ciseaux analogues à ceux de Dowel, mais d'un modèle plus grand qui ont été construits, sur mes indications, par la maison Collin.

Ces opérations abdominales, faites sans précautions aseptiques, sont parfaitement supportées par l'oiseau à condition de ne pas blesser l'intestin, ce qui n'est pas toujours possible.

Chez certains individus, on faisait deux ablations partielles et successives du testicule : une première avant la carence, une seconde chez le même oiseau après une quinzaine de jours environ de nourriture au riz glacé stérilisé.

Chez d'autres oiseaux, on faisait une seule ablation partielle sur le testicule de l'oiseau carencé.

Tous les pigeons carencés étaient ensuite nourris avec des graines variées complètes et crues auxquelles on ajoutait chaque jour quelques larves de *Tenebrio-molitor*. Au bout de 3 mois de ce régime abondant en vitamines, on sacrifiait l'oiseau, on prélevait ses testicules qui ont été souvent pesés et toujours examinés histologiquement.

Résultats. — Après revitaminisation, le testicule droit opéré présente un

([1]) P. Portier, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 960.

développement à peu près égal et quelquefois supérieur à celui du testicule gauche qui, lui-même, est revenu sensiblement à sa grosseur normale. Ce testicule droit a donc largement réparé les pertes de substance qu'on lui a fait subir.

De plus, sa structure est celle d'un organe normal; il est en pleine élaboration de spermatozoïdes, et, à ce point de vue, son fonctionnement semble plus actif que celui du testicule gauche qui paraît se débarrasser difficilement de la sclérose intense qui l'a envahi pendant la période de carence.

Ainsi, l'oiseau carencé régénère son testicule après ablation partielle de l'organe. Comment l'oiseau normal se comporterait-il à ce point de vue? Des expériences en cours nous permettront de répondre bientôt avec précision à cette question. Cependant, il me semble probable dès maintenant que la succession des états de carence et de revitaminisation joue un rôle important dans le phénomène observé, car j'ai obtenu la régénération et le fonctionnement intense du testicule pendant la saison d'hiver, époque de l'année où, chez le pigeon normal, l'organe est en pleine involution saisonnière.

HISTOLOGIE. — *Œnocytoïdes et tératocytes du sang des chenilles.* Note (¹) de M. A.-Ch. Hollande, présentée par M. Henneguy.

Dans une Note récente présentée à l'Académie (²), Paillot, étudiant la cytologie du sang des chenilles de Macrolépidoptères, homologue les œnocytoïdes que j'ai décrits dans le sang des insectes (³), aux œnocytes de Wielowiejski.

Il n'y a aucun rapport, ainsi que je le disais déjà en 1910-1911, entre les œnocytoïdes, petits leucocytes libres dans le sang et les œnocytes de Wielowiejski, très grosses cellules (100$^{\mu}$ et plus) fixées chez les chenilles de Macrolépidoptères, dont j'ai étudié la fonction physiologique et que j'ai appelées cérodécytes (⁴).

(¹) Séance du 25 mai 1920.
(²) A. Paillot, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 202.
(³) Hollande, *Archives de Zool. expérim. et génér.*, t. 13, nº 5, 1909, et t. 6, nº 9, 1911.
(⁴) Hollande, *Arch. anatom. microscop.*, t. 16, nº 25, 1914.

Contrairement aux indications de Paillot, les cérodécytes vrais et *normaux* (œnocytes des auteurs) ne se rencontrent jamais, à l'état libre, dans le sang des chenilles des Macrolépidoptères.

Au contraire, les œnocytoïdes existent dans le sang des larves et des imagos de presque tous les insectes; je les ai toujours rencontrés dans le sang des chenilles adultes que j'ai examinées. Les œnocytoïdes (*fig.* 1, 2 et 3)

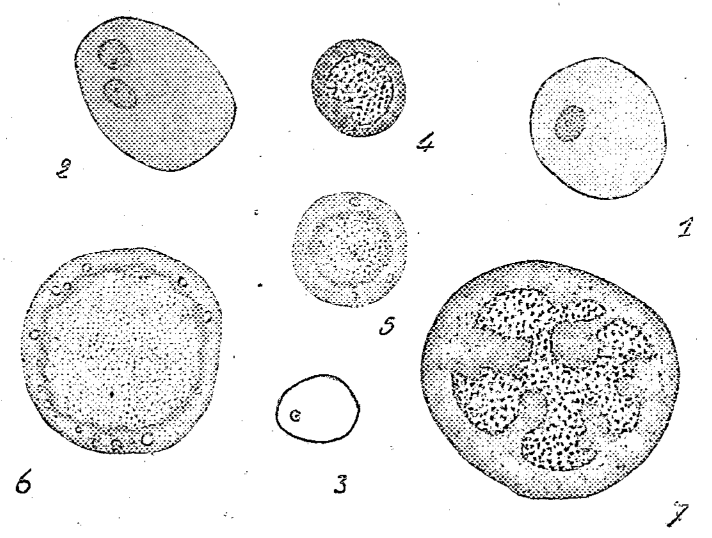


Fig. A. — 1 et 2 : œnocytoïde à un et deux noyaux du sang de chenille de *Melitæa cinxia* L. C. cl. × 820; col. carmino-fer. — 4 : jeune tératocyte dans le sang de la même chenille; gros noyaux et protoplasme très sidérophile. C. cl. × 450; col. carmino-fer. — 5 et 6 : aspect des tératocytes *in vivo*. C. cl. × 450. — 7 : tératocytes volumineux dont la chromatine nucléaire est refoulée par le protoplasme de la cellule. C. cl. × 450; col. hématoxyline ferrique. — 3 : schéma d'un œnocytoïde représenté à un gross. de 450 comme terme de comparaison avec les tératocytes. (Tous les dessins ont été faits à la chambre claire.)

ont des caractères histologiques très nets qui permettent de les différencier des autres leucocytes; chez les chenilles, ce sont des cellules libres, répandues dans le sang, mesurant en moyenne 20^{μ} à 25^{μ} et ne dépassant guère les dimensions des autres leucocytes.

Quatre caractères importants permettent de différencier les œnocytoïdes des autres leucocytes; ce sont : 1° leur forme circulaire ou ovoïde qui demeure telle quelle lors du séjour du sang au contact de l'air (ainsi il y a absence de production de filaments protoplasmiques externes, dégénérescence spéciale qui s'observe dans les mêmes conditions pour les leucocytes-phagocytes à gros et petits noyaux, macro et micro-nucléocytes de Paillot);

2° la présence d'un noyau relativement petit, assez riche en chromatine chez les chenilles, rappelant celui des micronucléocytes; le noyau siège, non pas au centre de la cellule, mais dans une partie presque toujours équidistante du centre et du bord externe du leucocyte; il y a parfois deux noyaux dans le même œnocytoïde; 3° *in vivo*, le protoplasme est brillant, incolore, et a une structure homogène. Après fixation et coloration, il est fortement acidophile dans toute sa masse. La méthode de Mann le colore en rouge vif très électivement et différencie ainsi nettement les œnocytoïdes des autres leucocytes; avec la méthode des quatre colorants électifs, il prend l'orange G; 4° les œnocytoïdes sont inaptes à la phagocytose.

A côté des leucocytes normaux (phagocytes, œnocytoïdes, cellules à sphérules), on trouve parfois dans le sang des chenilles, prélevé par simple piqûre des téguments, des cellules monstrueuses par rapport aux dimensions des leucocytes, flottant librement dans le sang, atteignant en général 90^{μ}, mais pouvant avoir plus de 100^{μ}, alors que les plus gros leucocytes ne dépassent guère 25^{μ}. Je n'ai rencontré ces cellules que dans le sang des chenilles parasitées par des larves d'Hyménoptères braconides (Microgastéridés) telles que celles *d'Apanteles glomeratus* L. Je les ai particulièrement observées dans le sang des chenilles parasitées de *Pieris brassicæ* L., *Melitæa cinxia* L., *Pergesa elpenor* L. (Sphinx de la vigne). Je les désignerai sous le nom de *tératocytes*. Ces cellules anormales ont, peut-être, été déjà vues par quelques auteurs, mais elles n'ont été encore ni décrites, ni étudiées.

In vivo, les tératocytes de grandeur moyenne (50^{μ}-60^{μ}) ont un protoplasme incolore, finement granuleux et, en général, ne renferment pas de glycogène [1]; ce protoplasme contient parfois quelques granules réfringents et plus rarement de fines gouttelettes de graisse; le noyau, bien visible, est volumineux et occupe presque toute la cellule (*fig.* 6). Après coloration à l'hématoxyline ferrique ou au carmino-fer, sur les frottis, le protoplasme des tératocytes se montre fortement sidérophile; il retient également l'hémalun; il n'est pas acidophile et se colore en bleu dans la méthode de Mann. Le noyau est formé de petits grains de chromatine peu sidérophile; la méthode de Mann ne montre pas de nucléoles colorés en

---

[1] Dans les rares tératocytes où les réactifs montrent la présence du glycogène, celui-ci se présente le plus souvent sous la forme de petites vacuoles réunies par groupe de cinq à six et disposées à intervalles réguliers.

rouge. Chez les tératocytes jeunes (*fig.* 4), le protoplasme et le noyau sont également sidérophiles; chez les tératocytes les plus volumineux (100$^{\mu}$), le protoplasme est encore très fortement sidérophile, le noyau bien moins; le protoplasme comprime souvent alors le noyau de toutepart, de telle sorte que celui-ci cesse d'être circulaire pour prendre des contours irréguliers (*fig.* 7); à ce stade, on voit fréquemment dans le protoplasme, aux alentours du noyau, des vacuoles remplies d'une substance incolore qui est dissoute par les solvants utilisés au cours de la technique histologique.

Il n'y a aucune relation entre les tératocytes et les œnocytoïdes précédemment décrits.

Bien que l'examen de mes coupes n'ait pas été entièrement démonstratif à ce sujet, je pense que les tératocytes se forment, chez la chenille parasitée, aux dépens des cellules initiales qui, chez la chrysalide, donnent naissance aux cérodécytes imaginaux.

L'apparition précoce de ces éléments chez la chenille parasitée, leur évolution non simultanée, de même que les dissemblances qui existent entre les tératocytes et les cérodécytes imaginaux (cellules pigmentées, fixées et non libres dans le sang), pourraient provenir soit d'une déficience dans les substances de réserve de la chenille absorbées par les larves parasites, soit plutôt d'une action nocive du parasite sur ces cellules de l'hôte.

HISTOLOGIE. — *Action de différents composés chimiques sur la cellule épithéliale pulmonaire.* Note de M. E. **Fauré-Fremiet**, présentée par M. L.-F. Henneguy.

I. *Structure normale de la cellule épithéliale pulmonaire.* — Nous avons déjà parlé ailleurs [1] de la constitution normale de la cellule épithéliale nucléée de l'alvéole pulmonaire, cellule granuleuse, ou cellule à graisse de Gilbert et Jomier. Nous résumerons ici les observations que nous avons faites avec A. Mayer dans le but de déterminer la nature des premières lésions dues à l'inhalation de gaz ou de vapeurs irritants ou toxiques.

Nos recherches ont porté principalement sur le poumon du Cobaye; cet

---

[1] Fauré-Fremiet, *A propos des « cellules à graisse » de l'alvéole pulmonaire* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 83, 10 janvier 1920, p. 11).

organe prélevé immédiatement après la mort sur un animal sain était coupé par congélation à l'acide carbonique, et les coupes de tissu étalées sur une lamelle couvre-objet dans une goutte de liquide de Ringer étaient directement examinées à l'état frais. Dans ces conditions, la cellule granuleuse apparaît comme un petit élément globuleux disposé de place en place, isolément ou par petits groupes, à la surface des parois alvéolaires.

Le cytoplasma de cette cellule est constitué par une substance fondamentale, fluide, homogène, renfermant d'assez nombreuses granulations appartenant à deux catégories distinctes. Les unes, faiblement réfringentes et de dimensions sensiblement égales, correspondent par toutes leurs propriétés microchimiques à des mitochondries. Les autres, de dimensions essentiellement variables, et d'aspect fortement réfringent, sont des globules lipoïdes particuliers.

La comparaison des résultats donnés par l'étude microchimique de ces éléments et par l'étude chimique des lipoïdes pulmonaires permet de conclure que le cytoplasma de la cellule épithéliale granuleuse du poumon est un système hétérogène comportant dans les conditions normales trois phases distinctes :

1° Un gel riche en eau et en albuminoïdes constituant la substance fondamentale;

2° Une phase lipoïde riche en phosphatides constituant les granulations mitochondriales;

3° Une phase lipoïde riche en cholestérine libre constituant les globules réfringents.

II. *Action de différents corps en solution ou en vapeurs.* — En retournant la lamelle portant la coupe de tissu frais sur deux petites cales de verre montées sur le porte-objet, on peut amener progressivement au contact des éléments pulmonaires une solution quelconque; en montant cette même lamelle sur une chambre à gaz munie de deux tubulures et disposée sur la platine du microscope, on réalise un autre dispositif expérimental permettant d'amener au contact des cellules épithéliales des gaz ou des vapeurs et d'examiner les altérations immédiates qu'ils peuvent déterminer. Il est utile en ce cas de mouiller la coupe avec une solution faible de violet dahlia dans le liquide de Ringer, ce colorant servant d'indicateur. Nous avons pu suivre dans ces conditions l'action d'un grand nombre de corps sur les différents constituants de la cellule granuleuse.

A. Les acides minéraux et les bases employés à forte concentration entraînent la destruction plus ou moins rapide de tous les éléments de la cellule.

B. Les acides minéraux à faible concentration et les acides organiques agissent d'une manière générale comme des précipitants du gel cytoplasmique. Mais, d'autre part, beaucoup d'acides organiques, particulièrement les acides inférieurs de la série grasse, gonflent ou altèrent les mitochondries, et ceux de ces acides qui sont peu solubles dans l'eau dissolvent les globules réfringents.

C. Les alcools, les aldéhydes, les cétones et certains éthers, en solution ou en vapeurs, agissent eux aussi comme des précipitants du gel cytoplasmique; leur action sur les mitochondries est variable et ces granulations peuvent être gonflées ou précipitées par un même corps suivant sa concentration.

Les cétones et les alcools très solubles dans l'eau précipitent énergiquement le gel cytoplasmique et dissolvent les globules réfringents.

Enfin l'action des aldéhydes, des cétones et des alcools à poids moléculaire élevé, peu solubles dans l'eau, se manifeste surtout, lorsqu'ils agissent à l'état de vapeurs, sur les globules réfringents; ceux-ci augmentent rapidement de volume et sont aussitôt colorés par le violet dahlia avec plus ou moins d'intensité; ils arrivent à former dans le cytoplasma cellulaire de volumineuses gouttelettes confluentes; mais si l'on remplace à ce moment par de l'air pur les vapeurs qui occupent la chambre à gaz et surtout si l'on y détermine un vide léger, on voit ces mêmes gouttelettes diminuer de volume et se décolorer pour reprendre l'aspect primitif des globules réfringents. On peut donc admettre que les vapeurs aldéhydiques, alcooliques ou cétoniques se sont électivement dissoutes dans les globules lipoïdes réfringents, d'où l'augmentation apparente de volume de ceux-ci, et leur colorabilité par le violet dahlia normalement insoluble dans ces globules, mais très soluble au contraire dans les corps utilisés en vapeurs.

III. *Conclusions*. — L'équilibre normal des constituants de la cellule épithéliale pulmonaire est plus ou moins profondément modifié sous l'action d'un grand nombre de corps à l'état de gaz ou de vapeurs. Ces modifications peuvent se traduire par des phénomènes de précipitation et de dissolution portant sur une ou plusieurs des trois phases que l'on peut caractériser dans le cytoplasma de cette cellule. A côté des modifications qui

entraînent la mort par coagulation générale ou par cytolyse, ou même la destruction totale de la cellule, on peut observer des modifications *réversibles* de l'équilibre cytoplasmique caractérisées par l'inégale solubilité d'un corps peu toxique entre les trois phases du système.

Ces faits expliquent les altérations cytologiques très délicates que F. Moreau a pu mettre en évidence dans les cellules épithéliales du poumon soumis à l'action de gaz nocifs, employés à une concentration assez faible pour ne pas déterminer immédiatement d'importantes lésions.

On observe en ce cas sur les coupes histologiques des modifications du chondriome correspondant aux stades de cytolyse ou d'homogénéisation déjà décrits dans d'autres tissus par Mayer et Rathery, modifications qui demeurent compatibles avec la vie de la cellule et sont fréquemment le prélude, soit des phénomènes de multiplication et de mobilisation conduisant à la réaction épithéliale décrite par A. Guieysse, soit de lésions plus graves telles que l'œdème pulmonaire.

PHYSIOLOGIE. — *Action réflexe produite par l'irritation des voies respiratoires profondes. Antagonisme de ce réflexe avec ceux que provoque l'irritation des premières voies respiratoires.* Note (¹) de MM. **André Mayer**, **H. Magne** et **L. Plantefol**, présentée par M. Henneguy.

I. *Action respiratoire réflexe de l'irritation des voies aériennes profondes.* — Nous avons montré dans une Note précédente que le contact d'une vapeur irritante avec les premières voies respiratoires détermine, en même temps qu'un ralentissement ou un arrêt respiratoire et circulatoire, une diminution des échanges généraux. Lorsque la vapeur est inhalée plus profondément, ou que par une canule trachéale on la fait directement pénétrer dans les bronches et les poumons, on assiste à des phénomènes tout différents.

Tout d'abord il se produit fréquemment une expiration brusque suivie de quelques respirations saccadées. Puis, si l'on continue l'inhalation, il se produit toujours un phénomène typique : la respiration s'accélère, et *il apparaît une véritable polypnée*. Cette polypnée, par irritation des voies profondes, a des caractères particuliers :

(¹) Séance du 17 mai 1920.

1° Elle peut être *intense;* le nombre des respirations, après inhalation de vapeurs irritantes pendant 10 secondes, peut passer de 48 à 120, de 44 à 236;

2° Elle se produit quel que soit le type antérieur de la respiration, et même si celle-ci est déjà rapide;

3° Elle est *durable* et se prolonge parfois une demi-heure après un passage de vapeurs irritantes dans le poumon n'ayant duré que 5 secondes;

4° Elle a souvent une *allure périodique,* avec crises d'accélération extrême;

5° Les différents animaux paraissent également sensibles à l'irritation des voies profondes et présentent également la polypnée.

Cette polypnée est un phénomène *réflexe.* Elle ne se produit plus si l'on a, avant l'inhalation des vapeurs irritantes, coupé les pneumogastriques. Elle cesse si l'on sectionne les vagues après qu'elle a commencé. Elle est donc due à l'excitation des terminaisons de ces nerfs. On peut d'ailleurs s'assurer que cette excitation par les vapeurs irritantes et l'effet respiratoire réflexe ainsi produit sont beaucoup plus intenses, et d'un tout autre caractère que ceux qu'on peut obtenir par excitation électrique du bout central des pneumogastriques sectionnés.

La polypnée réflexe dont nous venons de montrer l'existence a naturellement pour effet *une augmentation de la ventilation pulmonaire.* Par exemple, chez le chien, celle-ci peut passer de $7^{l},35$ à $12^{l},12$; chez le lapin, de $1^{l},080$ par minute à $3^{l},410$. Mais à cette augmentation de ventilation ne correspond aucune augmentation des échanges organiques. Au contraire, le plus souvent, à la suite de l'atteinte du tissu pulmonaire par la vapeur irritante, la quantité d'oxygène retenue par l'animal diminue.

Ainsi, tandis que, à la suite de l'irritation des premières voies respiratoires, l'animal arrête sa respiration, empêchant ainsi la pénétration de la vapeur toxique, si celle-ci a atteint les bronchioles, l'animal accélère sa respiration et ventile énergiquement les poumons. Ces deux actions sont inverses. Nous allons montrer qu'elles sont, de plus, antagonistes.

II. *Antagonisme entre les réflexes dus à l'irritation des premières voies respiratoires et ceux que provoque l'irritation des voies profondes.* — 1° On fait pénétrer par une canule trachéale un gaz irritant dans les poumons. On détermine la polypnée réflexe décrite plus haut. Si alors on fait passer dans les premières voies isolées un gaz irritant, *on arrête la polypnée* et l'on suspend même la respiration pendant tout le temps que dure le contact du gaz irritant avec les premières voies respiratoires.

2° On fait pénétrer une vapeur irritante dans les premières voies isolées. On provoque l'arrêt de la respiration. Si à ce moment on insuffle la vapeur irritante dans le poumon, *la respiration reprend* et la polypnée s'installe.

3° Nous avons montré dans une Note précédente qu'on peut sur un animal d'espèce sensible, en mettant une vapeur très irritante en contact avec les premières voies respiratoires, déterminer une *syncope respiratoire mortelle*.

On fait cette expérience, et l'on s'assure que l'arrêt respiratoire est définitif, que la respiration naturelle ne reprend pas, même si l'on pratique pendant 1 ou 2 minutes la ventilation forcée (respiration artificielle). *Si alors on insuffle dans le poumon une vapeur irritante, la respiration naturelle reprend.* On rétablit ainsi l'animal, qui, sans cela, mourait de syncope respiratoire.

Il y a donc bien antagonisme entre les réflexes dus à l'irritation des terminaisons du vague.

III. *Efficacité du réflexe dû à l'irritation des voies respiratoires profondes. Action sur la syncope respiratoire d'origine centrale.* — On peut montrer l'efficacité de l'irritation de voies profondes d'une autre manière encore. On sait qu'on peut déterminer chez le lapin un arrêt respiratoire par action sur les centres; par exemple en anesthésiant profondément l'animal par le chloralose, ou en lui administrant un décalcifiant comme l'oxalate de soude à dose suffisante, le centre respiratoire cesse de fonctionner. La respiration s'arrête tandis que le cœur continue à battre. Or, si chez un animal ainsi mis en état de syncope respiratoire, d'origine centrale, on détermine une irritation des voies profondes par insufflation d'un gaz nocif, la syncope cesse, *la respiration spontanée reprend.*

IV. *Rôle des réflexes respiratoires antagonistes dans les phénomènes de la suffocation.* — Chez les animaux d'espèces sensibles, l'irritation simultanée des premières voies respiratoires et des voies profondes a donc pour effet de déterminer en même temps deux ordres d'actions réflexes antagonistes. Il en résulte une tendance irrésistible et égale à la fois à arrêter et à accélérer la respiration. Le rythme respiratoire devient alors désordonné, spasmodique, convulsif. La suffocation apparaît. Elle est due à la mise en jeu, en même temps, de ces deux impulsions antagonistes.

MICROBIOLOGIE. — *Action de la chloropicrine sur la levure et sur la fleur du vin.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **Rosenblatt**, présentée par M. Roux.

Étant donnés les effets que la chloropicrine produit à l'état de vapeur, non seulement sur les animaux, mais encore sur les organes aériens des plantes supérieures ([1]), il y avait lieu de supposer qu'elle agirait aussi d'une manière puissante à l'état de dissolution sur les micro-organismes végétaux qui sont la cause de fermentations et qu'elle pourrait dès lors servir, au moins dans certains cas, comme substance antiseptique. Il était d'ailleurs intéressant d'étendre l'étude de la chloropicrine à une aussi grande variété que possible d'espèces vivantes pour en tirer, plus tard, des conséquences au point de vue de la physiologie et de la toxicologie comparées. Nous décrirons aujourd'hui les résultats des expériences que nous avons entreprises sur deux types de champignons microscopiques : la levure, prise à l'état de ferment et complètement submergée, et la fleur du vin, vivant au contraire à la surface du liquide nutritif.

Expériences sur la levure. — Nous nous sommes servis d'une levure de vin de Champagne, provenant de la collection de M. Fernbach, à l'Institut Pasteur, levure qui présentait l'avantage, pour nos expériences, de se déposer rapidement dans les liquides fermentés. Comme milieu de culture très favorables, nous avons pris un moût préparé en faisant bouillir 50^g de touraillons avec un litre d'eau pendant un quart d'heure, filtrant et ajoutant 10 pour 100 de sucre ordinaire. Le moût a été réparti, par portions de 25^{cm^3}, dans des tubes bouchés avec de l'ouate et stérilisé une demi-heure à $+120^o$. Après refroidissement, on a introduit, sous forme de solutions aqueuses titrées, des proportions connues de chloropicrine, puis on a ensemencé chaque tube avec un même nombre de gouttes de culture récente de levure, on a fermé avec un bouchon de liège muni d'une fente et l'on a mis à l'étuve à $+27^o$.

Tandis que la fermentation se déclarait rapidement et se complétait en 2 à 3 jours dans le moût normal, elle était facilement entravée par la chloropicrine. Nous avons dû faire plusieurs séries d'expériences pour

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, 1919, t. 168, 169, et 1920, t. 170.

atteindre la dose minima qui arrête complètement la fermentation. Voici la plus intéressante de ces séries (le sucre restant a été dosé après 5 jours, par hydrolyse et réduction, et calculé en saccharose) :

Chloropicrine ajoutée en milligrammes par litre.		Sucre restant.	Sucre disparu.
		g	pour 100
0	(témoin non ensemencé).....	2,250	0,0
0	ensemencé..................	0,078	96,6
0,4	»	0,078	96,6
0,8	»	0,095	95,8
1,6	»	0,115	94,9
2,4	»	0,108	95,2
4,0	»	0,126	94,4
5,0	»	2,220	1,3
6,0	»	2,250	0,0

On voit par cette série d'expériences que 1^{mg} de chloropicrine dans un litre de moût sucré ralentit déjà la fermentation et que 5^{mg} à 6^{mg} suffisent pour l'arrêter entièrement.

Nous nous sommes demandés si cette dose de 5^{mg} à 6^{mg} tue les cellules de levure ou paralyse seulement le processus fermentatif. Nous avons alors ensemencé des tubes de 10^{cm^3} de moût et lorsque, après 5 jours, la fermentation était complètement terminée, nous avons ajouté des proportions variées et connues de chloropicrine. Chaque tube était alors agité, 3 ou 4 fois dans la journée, puis abandonné au repos jusqu'au lendemain matin, toujours à la température de + 27°.

La levure étant bien déposée, le liquide était décanté, remplacé par un même volume d'eau stérile, et la levure, mise en suspension, ensemencée, à raison de $0^{cm^3},2$ dans 10^{cm^3} de moût. Nous avons reconnu ainsi que la levure n'est pas tuée en 24 heures par des doses de chloropicrine qui entravent complètement la fermentation. Sous l'influence de cette faible dose, la levure est d'abord paralysée, elle perd ensuite peu à peu la faculté de se reproduire et ne meurt qu'après un contact plus prolongé. Pour la tuer en 24 heures, à la température de + 27°, il faut atteindre une concentration comprise entre 30^{mg} et 40^{mg} par litre. Ainsi, avec la levure traitée préalablement par la chloropicrine à la dose de 0^{mg} (témoin), la fermentation s'est déclarée en moins de 24 heures; de 10^{mg} et 20^{mg}, la fermentation était déclarée après 1 jour et demi; avec 30^{mg}, après 4 jours; et la levure traitée avec 40^{mg}, 50^{mg} et 100^{mg}, la fermentation n'a plus eu lieu.

Expériences sur la fleur du vin. — La fleur du vin est encore plus sensible que la levure à l'action de la chloropicrine. Nous avons, en effet, constaté, en nous servant du vin rouge comme milieu de culture, que la dose de 2^{mg} de chloropicrine par litre entrave d'une manière totale le développement de *Saccharomyces vini* (durée des expériences : six semaines). Il est même arrivé que la dose de 1^{mg} par litre a été suffisante pour atteindre ce résultat. Voici une série d'expériences montrant, en outre, que la fleur du vin est déjà affectée par des doses de quelques dixièmes seulement de milligrammes de chloropicrine par litre.

On a ensemencé des tubes contenant 10^{cm^3} de vin et fermés avec des bouchons en liège, puis on les a conservés à la température de $+22°$. Le tube 1 a servi de témoin; les tubes 2 à 6 ont été additionnés respectivement de $0^{mg},2$, $0^{mg},4$, $0^{mg},6$, $0^{mg},8$ et 1^{mg} de chloropicrine par litre. Après 48 heures, il y avait un très léger voile à la surface du liquide dans le tube témoin ; ce voile s'est épaissi peu à peu et, après 6 jours, il a commencé à se plisser. Dans le tube 2, c'est seulement après 4 jours que l'on a vu apparaître un très léger voile ; dans le tube 3, seulement après 5 jours ; ces voiles ont commencé à se plisser après une semaine. Enfin, il a fallu de 10 à 11 jours pour que la fleur du vin donne les premiers indices de développement dans les autres tubes.

Nous avons fait la curieuse observation au cours de ces expériences que la fleur du vin, qui se développait si aisément à la surface du vin ordinaire, en donnant une pellicule bientôt opaque et plissée, ne fournissait plus que très lentement un voile excessivement mince lorsque le vin avait été filtré à la bougie de porcelaine. Il suffisait alors d'ajouter une trace de chloropicrine (plus petite dose essayée : $0^{mg},2$ par litre) pour arrêter tout développement.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUIN 1920.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 166 des *Comptes rendus* (janvier-juin 1918) est en distribution au Secrétariat.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acidylcétimines.*

Note de MM. **Charles Moureu** et **Georges Mignonac**.

Nous avons montré précédemment que si l'on traite par le gaz chlorhydrique sec ou, en milieu alcalin ou neutre, par l'eau à basse température, les combinaisons azotobromomagnésiennes $\mathrm{R-\underset{\underset{\displaystyle N-MgBr}{\|}}{C}-R'}$, résultant de la condensation des nitriles $\mathrm{R-CN}$ avec les composés organomagnésiens $\mathrm{R'-MgBr}$, il est aisé d'obtenir les cétimines $\mathrm{R-\underset{\underset{\displaystyle NH}{\|}}{C}-R'}$, soit à l'état de chlorhydrate, soit à l'état libre (¹).

Il résulte des expériences faisant l'objet de la présente Note que les mêmes combinaisons azotobromomagnésiennes, en agissant sur les chlorures d'acides, se comportent comme des magnésiens affaiblis, comparables aux dérivés organozinciques mixtes de E.-E. Blaise; la réaction est limitée à une double décomposition, et l'on obtient ainsi, directement, les dérivés

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1080.

acidylés des cétimines (acidylcétimines)

$$\begin{matrix} R-C-R' \\ \quad\| \\ \quad N-MgBr \end{matrix} + R''-CO-Cl = \begin{matrix} R-C-R' \\ \quad\| \\ \quad N-CO-R'' \end{matrix} + \begin{matrix} Mg-Br. \\ | \\ Cl \end{matrix}$$

Ces nouvelles substances, dont on peut également observer la formation par l'action des anhydrides d'acides ou des chlorures d'acides sur les cétimines, sont des sortes d'amides substituées, qui doivent à leur nature propre une sensibilité particulière aux agents d'hydratation. Sous l'influence des acides minéraux dilués, elles sont facilement hydrolysables avec production, en quantité théorique, d'une cétone, d'un acide et d'un sel ammoniacal. Exemple :

$$\begin{matrix} C^6H^5-C-C^2H^5 \\ \| \\ N-CO-CH^3 \end{matrix} + 2H^2O + HCl$$
$$= C^6H^5-CO-C^2H^5 + CH^3-COOH + NH^4-Cl.$$

L'eau ne les attaque que lentement, on peut même faire cristalliser certaines d'entre elles dans l'eau bouillante sans constater une décomposition sensible. Si l'on fait agir les alcalis en solution (KOH, NaOH), on observe un dégagement de gaz ammoniac et production de cétone, mais l'hydrolyse est beaucoup plus lente qu'en milieu acide :

$$\begin{matrix} C^6H^5-C-C^2H^5 \\ \| \\ N-CO-CH^3 \end{matrix} + H^2O + KOH = C^6H^5-CO-C^2H^5 + CH^3-COOK + NH^3.$$

Nous décrirons à titre d'exemple la préparation de la phényléthylacétylcétimine.

On prépare d'abord la combinaison azotobromomagnésienne

$$\begin{matrix} C^6H^5-C-C^2H^5 \\ \| \\ N-MgBr \end{matrix}$$

($4^g,8$ de métal, 23^g de bromure d'éthyle, 15^g de benzonitrile). La masse cristalline blanche obtenue ayant été bien lavée à l'éther anhydre, on ajoute un peu du même solvant, et l'on fait couler goutte à goutte le chlorure d'acétyle (18^g) étendu de son volume d'éther anhydre. Une vive réaction se manifeste aussitôt, qui provoque l'ébullition de l'éther; on constate, en outre, que la masse cristalline se fluidifie peu à peu; à la fin de l'opération, on observe au fond du ballon une masse visqueuse grise. On

décante l'éther surnageant, qui renferme l'excès de chlorure d'acide, et on lave la masse visqueuse à l'éther anhydre. On chauffe celle-ci doucement, au bain-marie, avec 60^{cm^3} d'alcool absolu; l'action de l'alcool se manifeste bientôt avec dégagement de chaleur, et la masse grise se dissout complètement (1). La solution obtenue, très fluide, est, après refroidissement, versée dans de l'eau glacée. Le dérivé acétylé se précipite; il est presque pur. On essore (poids, $16^g,5$). Une simple cristallisation dans l'eau permet de l'obtenir sous forme de magnifiques aiguilles incolores, très pures, fondant à 126°.

Les acidylcétimines se présentent généralement sous la forme de longues aiguilles prismatiques incolores. Elles peuvent être facilement obtenues à l'état de pureté par cristallisation dans l'eau ou dans l'alcool plus ou moins dilué.

Phényléthylacétylcétimine :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \!\!>\! C = N - COCH^3 \qquad (F = 126°).$$

Phényléthylbutyrylcétimine :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \!\!>\! C = N - COCH^2.CH^2CH^3 \qquad (F = 85°,5).$$

Phényléthylisovalérylcétimine :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \!\!>\! C = N - COCH^2CH \!<\! \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \qquad (F = 117°).$$

Phényléthylbenzoylcétimine :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{matrix} \!\!>\! C = N - COC^6H^5 \qquad (F = 165°).$$

Phénylisobutylacétylcétimine :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! CH - \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^2 \end{matrix} \!\!>\! C = N - COCH^3 \qquad (F = 134°).$$

Phénylisobutylbenzoylcétimine :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! CH - \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^2 \end{matrix} \!\!>\! C = N - COC^6H^5 \qquad (F = 160°).$$

(1) Si, au lieu de traiter d'abord la masse visqueuse ci-dessus par l'alcool, on l'attaque directement par l'eau, les rendements sont faibles. L'action de l'alcool a pour effet de détruire un complexe qui paraît s'hydrolyser facilement par l'eau.

Remarque. — On peut prévoir pour les acidylcétimines (comme, du reste, pour les cétimines elles-mêmes) deux formes stéréoisomériques. Nous n'avons isolé jusqu'ici que l'une d'elles.

BOTANIQUE. — *Sur les changements, obtenus expérimentalement, dans les formes végétales.* Note de M. GASTON BONNIER.

Dans une Communication précédente [1], j'ai parlé des transformations qu'avaient subies les pieds de plantes, pris en plaine, et transplantés sur le même sol, à diverses altitudes, depuis 30 ou 35 années, dans les hautes altitudes des Alpes et des Pyrénées.

Pour un certain nombre de ces espèces, l'adaptation de la forme et de la structure au climat alpin a été assez rapide; pour d'autres, elle a été beaucoup plus lente.

Ce qui est important à noter, c'est que les pieds d'un certain nombre d'espèces, originaires de la plaine, ainsi transportés se sont souvent modifiés par l'adaptation au point de devenir identiques à des formes alpines qui ont été décrites par les auteurs comme des espèces de premier ordre.

Je citerai, à ce sujet, les exemples suivants :

Helianthemum vulgare Gærtn. Les plants issus de plaine, maintenus pendant plus de 30 ans à 2400^m d'altitude, ont acquis tous les caractères de l'*Helianthemum grandiflorum* DC. à savoir : feuilles poilues, surtout à la face inférieure; pétales d'un jaune éclatant, de plus de 12^{mm} de longueur; sépales ovales, de plus de 10^{mm} de longueur.

Polygala vulgaris L. — Les plants, issus de plaine, maintenus pendant 25 ans à 1800^m d'altitude ont présenté, peu à peu, un nombre important des caractères qui définissent le *Polygala alpestris* Rchb., à savoir : tige souterraine relativement épaisse et très développée, feuilles moyennes recouvrant la base de l'inflorescence, laquelle est courte et à fleurs serrées; grands sépales à nervure médiane simple, à nervures secondaires peu ramifiées, ordinairement non réunies aux nervures latérales par un réseau; fruits mûrs plus larges que les grands sépales persistants.

Silene nutans L. — Les plants, issus de la plaine, maintenus pendant 34 ans à 2300^m d'altitude, ont acquis les caractères du *Silene spathulæfolia* Jord. Ce sont : feuilles inférieures largement en forme de spatule ou à contour arrondi; inflorescence presque en pyramide, à fleurs peu penchées; dents du fruit ordinairement dressées.

---

[1] GASTON BONNIER, *Semis comparés à une haute altitude et dans la plaine* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1236).

Silene inflata Sm. — Déjà, au bout de 6 ans, comme je l'avais décrit antérieurement, les pieds de cette espèce, pris en plaine et transportés à 2300^{m} d'altitude, ressemblaient beaucoup au *Silene alpina* Thomas; mais la ressemblance était encore plus grande 20 ans après; plante de 8^{cm} à 18^{cm}; feuilles épaisses, ciliées; fleurs solitaires ou au nombre de deux sur les tiges florifères; fruit presque globuleux.

Lotus corniculatus L. — Au bout de 10 ans, les pieds transplantés à de grandes altitudes s'étaient déjà considérablement modifiés; mais, à la longue, ils sont devenus identiques à ceux du *Lotus alpinus* Schleich. qui croît naturellement aux mêmes altitudes supérieures, comme l'indique la courte description suivante :

Rhizome très épais, à ramifications extrêmement allongées sous le sol; tiges fleuries naines, souvent couchées sur le sol; feuilles très épaisses, d'un vert intense à folioles petites presque sans pétiolule; stipules ovales, arrondies à la base, beaucoup plus longues que le pétiole; tissu en palissade occupant la presque totalité ou la totalité de l'épaisseur du limbe; fleurs solitaires ou groupées par 2 à 3, rouges ou rougeâtres, à carène d'une couleur plus intense encore, à ailes arrondies, non tronquées au sommet; graines petites, ovoïdes et presque comprimées.

Trifolium pratense L. — Les échantillons plantés aux stations supérieures se sont tellement adaptés qu'ils présentent à peu près, au bout de trente saisons, tous les caractères du *Trifolium nivale* Sieb. à savoir : feuilles velues, surtout les supérieures; plante de 6^{cm} à 25^{cm}; stipules velues dans leur partie extérieure; tissu en palissade très développé; capitules de fleurs presque globuleux; calice très velu; fleurs d'un rose terne (à 2300^{m}) ou d'un rose vif (à 1580^{m}).

Anthyllis Vulneraria L. — Les pieds des hautes altitudes avaient déjà acquis, au bout de six années, une partie des caractères de l'*Anthyllis alpestris* Rchb. (*Anthyllis Dillenii* Boreau; *Anthyllis affinis* Brittinger); par la suite, la transformation s'est trouvée complétée, et les échantillons présentaient les caractères de cette dernière espèce; tiges simples, peu ou pas feuillées dans toute leur partie supérieure; deux à trois feuilles à folioles peu nombreuses, parfois réduites à une seule foliole, épaisses, à tissu en palissade très développé; calice de la couleur de la corolle, à nombreux poils allongés; corolle rouge ou orangée, rarement d'un beau jaune foncé.

Alchimilla vulgaris L. — Presque tous les échantillons plantés à diverses altitudes, ont, peu à peu, présenté les caractères de l'*Alchimilla alpestris* Schmidt, à savoir : rhizomes développés; tiges florifères plus ou moins réduites, ayant à leur base des poils appliqués; feuilles à lobes élargis et à dents souvent inégales; inflorescence plus ou moins ramassée.

Scabiosa Columbaria L. — Les pieds des stations supérieures avaient pris déjà, après six saisons, l'aspect du *Scabiosa lucida* Vill.; cette ressemblance s'est accentuée dans les saisons suivantes, la plante ne produisant qu'une tige florifère dont toutes les feuilles, à divisions larges et peu nombreuses, sont à la base et dont les arêtes du calice sont un peu élargies vers le bas.

Knautia arvensis Coult. — Des échantillons plantés dans les Alpes, à 1560^{m} d'altitude, sont devenus très semblables aux exemplaires naturels de *Knautia collina* G. G.

présentant une tige florifère à un seul capitule, des feuilles très velues, presque cotonneuses, les inférieures courtes, à divisions obtuses, celles situées le long de la tige, peu nombreuses et beaucoup plus petites que les autres; fruits tombant facilement et tôt.

Solidago Virga-aurea L. — Les pieds, issus de plaine, cultivés à de hautes altitudes, ont promptement acquis, et ensuite conservé indéfiniment, les caractères du *Solidago alpestris* W. et K., à savoir : inflorescence simple, formée de capitules relativement grands, portés chacun sur un petit rameau très court; feuilles assez épaisses, d'un vert intense, à tissu palissadique très différencié; tige souterraine extrêmement développée.

Gnaphalium silvaticum L. — Issue de plaine et plantée à 2400^m d'altitude dans les Alpes et les Pyrénées, cette plante a pris tous les caractères du *Gnaphalium alpestre* Gilib. : tiges florifères, courtes, arquées; capitules serrés et disposés en grappe peu allongée; feuilles un peu épaisses; involucre à bractées largement bordées de brun foncé.

Leontodon proteiformis Vill. — Les pieds de cette espèce, transportés dans les hautes altitudes des Alpes, se sont totalement transformés, après six saisons seulement, en *Leontodon alpinum* Vill. qui a des fleurs orangées, au moins sur la face inférieure des ligules, une tige souterraine épaisse ne produisant qu'une seule rosette florifère, des feuilles hérissées de poils blancs et seulement dentées.

Veronica officinalis L. — Dans les Pyrénées, à 1800^m d'altitude, les plants de plaine de cette espèce ont acquis, au bout de 25 ans, les caractères du *Veronica Tournefortii* Rchb., c'est-à-dire ont présenté des feuilles largement ovales, d'un vert foncé, velues, des tiges et des inflorescences très poilues, des tiges allongées, à nombreuses racines adventives, des tiges souterraines développées et des corolles d'un bleu foncé.

Calamintha Acinos Clairv. — Cette plante annuelle ayant été semée sur la chaîne de l'Arbizon, dans les Pyrénées, a donné des exemplaires qui sont devenus vivaces, dont les tiges florifères sont dures et ligneuses dans leur partie inférieure, dont les feuilles sont à peine dentées, dont la corolle est grande et d'un violet éclatant, c'est-à-dire ayant acquis presque tous les caractères du *Calamintha alpina* Lam.; à la longue, un autre caractère s'est ajouté aux précédents pour accentuer la transformation : la dent médiane de la lèvre supérieure du calice est devenue allongée au lieu d'être ovale-arrondie comme dans le *C. Acinos*.

Thymus Serpyllum L. — Cette espèce est une de celles qui ont le plus résisté à l'adaptation alpine. Toutefois, après trente saisons, les échantillons, transplantés aux altitudes supérieures, ont fini par acquérir presque tous les caractères du *Thymus polytrichus* A. Kerner. Ces plants ont, en effet, sur la tige, des poils aussi longs que le diamètre des tiges; les feuilles sont poilues-blanchâtres sur les deux faces; le calice est hérissé de poils; l'inflorescence est assez ramassée et très velue.

Juniperus communis L. — J'ai déjà publié (1895) les observations faites sur la transformation de cette espèce en *Juniperus nana* Willd. Pendant les saisons sui-

vantes, les caractères acquis par le changement de climat se sont intégralement maintenus, aussi bien dans la forme extérieure que dans la structure anatomique.

Que doit-on conclure de ces résultats?

On pourrait soutenir qu'il n'y a là aucune transformation d'espèces, et que les auteurs tels que De Candolle, Reichenbach, Schleicher, Villars, Lamarck, Schmidt, Willdenow, etc. se sont tout simplement trompés en décrivant comme espèces de simples formes ou variations appartenant à une même espèce de premier ordre.

On peut dire aussi, en ce qui concerne les « petites espèces » comme on les désigne quelquefois, dont les descriptions sont dues à Jordan et à Bureau, que ces auteurs, qui maintes fois ont montré la persistance des caractères de ces espèces malgré les changements de milieu, se sont trompés en ce qui concerne les espèces citées.

Alors, si la suite des saisons successives continue à accentuer les adaptations et par suite les transformations de formes et de structure dues au changement de climat, le nombre des espèces, dites *véritables*, irait toujours en diminuant, surtout si l'on étendait de pareils essais de cultures, non seulement au climat alpin ou au climat méditerranéen, comme dans celles que j'ai réalisées, mais en changeant, pour les représentants de chaque espèce, toutes les conditions naturelles extérieures, dans tous les climats, dans tous les terrains et dans toutes les stations.

Si l'on adoptait les idées de M. Hugo de Vries qui, sur ce point, ne sont que des modifications de celles de Jordan, il y aurait, au contraire, un très grand nombre d'espèces véritables, mais toutes les transformations précédentes, réellement observées, ne seraient dues qu'à des « fluctuations » insignifiantes.

Or, à tout prendre, espèces, sous-espèces, races, variétés, grandes espèces et petites espèces, fluctuations, ce sont là des mots qui ne sont jusqu'ici définis que par des hypothèses plus ou moins contradictoires, tandis que si l'on observe les transformations expérimentalement obtenues, on a devant soi des faits réels.

Et, si l'on remarque, par exemple, pour le passage du climat tempéré de plaine au climat alpin, que les caractères acquis par l'adaptation, varient tous *dans le même sens* que celui présenté par les espèces, spécialement de plaines comparées aux espèces similaires spécialement de montagnes, ces faits sont en faveur de l'hypothèse Lamarckienne qui attribue au changement de milieu l'une des causes principales de la transformation des organismes.

MÉCANIQUE. — *Théorie des hélices propulsives marines et aériennes et des avions en vol rectiligne.* Note de M. A. RATEAU.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie et de lui faire hommage de l'Ouvrage qui va paraître sur la théorie des hélices propulsives, et sur celle des avions. Quoique dissemblables, ces deux sujets ont été réunis, parce qu'il y a entre eux des points communs. Le calcul du mouvement d'un avion ne peut être correctement établi que si l'on est en état de connaître exactement la traction et le couple résistant de l'hélice pour les diverses valeurs, très variables suivant les circonstances, que prend son recul.

J'ai reproduit, dans la deuxième Partie, les quatre Communications présentées à l'Académie des Sciences en juin et juillet 1919, et j'y ai ajouté plusieurs développements, en particulier sur les courbes caractéristiques des avions. J'appelle l'attention sur deux discontinuités que présentent, assez généralement, ces courbes, l'une, déjà signalée, à de fortes incidences, supérieures à celles de la pratique, l'autre, au contraire, aux faibles incidences. Ces discontinuités ou changements d'allure correspondent à des modifications dans le régime d'écoulement de l'air autour des ailes.

La première Partie de l'Ouvrage, relative aux hélices (marines et aériennes), est presque entièrement neuve. Fondée sur les hypothèses et les idées que j'avais exposées dans mes Communications à l'Académie des 19 février et 12 mars 1900, la présente théorie est poursuivie beaucoup plus loin. Elle aboutit à des formules et à des conséquences qui paraissent correspondre de très près aux faits réels, ainsi que le montrent clairement les comparaisons entre les résultats théoriques et ceux des meilleures expériences publiées sur des modèles d'hélices marines (D.-W. Taylor et R.-E. Froude) et sur des modèles d'hélices aériennes (W.-F. Durand).

J'introduis, dès le début, comme variable fondamentale, le *recul vrai* σ par rapport au pas *efficace*, qui est l'avance par tour de l'hélice correspondant à une poussée nulle, et je divise la section du cylindre de fluide attaqué par l'hélice en deux zones principales : l'une centrale, *d'action totale*, l'autre annulaire, *d'action partielle*. La distinction de ces deux zones est basée sur le coefficient d'influence k dont la valeur, voisine de 2, semble être plus forte pour l'air que pour l'eau. Avec les hélices aériennes de forme habituelle, l'action est entièrement partielle. Mais cette manière de prendre les choses n'est pas exactement conforme à la réalité. Pour être plus correct, il faudrait ajouter deux autres zones, l'une *intermédiaire* entre les deux précé-

demment indiquées, l'autre due à *l'effet marginal*. On ne pourra approfondir davantage ce sujet, extrêmement compliqué, que lorsque l'on possédera de nouveaux chiffres d'essais très précis et concordants.

Ma théorie conduit aux conclusions suivantes :

1° La poussée d'une hélice est donnée, en kilogrammes, par la relation

$$F = b\varpi n^2(\sigma - e'\sigma^2), \quad (1)$$

ϖ étant le poids spécifique du fluide dans lequel agit le propulseur, en kg : m³,
n le nombre de tours par seconde,
σ le recul vrai, par rapport au pas efficace,
e' un coefficient, généralement petit, qui croît avec le rapport p du pas efficace au diamètre, et dont la valeur est voisine de $\frac{p^2}{2,5p^2+\pi^2}$, où π est le rapport de la circonférence à son diamètre.

2° Le couple résistant de l'hélice, en kilogrammètres, est donné par

$$\Gamma = \frac{bH}{2\pi}\varpi n^2(a + \sigma - e\sigma^2), \quad (2)$$

H étant le pas efficace, en mètres,
e un coefficient voisin de $0,5 + e'$,
a une quantité égale à $\frac{4\varepsilon}{(\sin 2\alpha)^2}$, ε étant le coefficient de ralentissement, de l'ordre de 0,005, mais variable d'une hélice à l'autre, et α l'angle d'inclinaison de la direction de sortie des ailes, au rayon moyen R'' (défini dans l'ouvrage), sur le plan perpendiculaire à l'axe.

ε est minimum, et a aussi, pour un recul voisin de celui σ_m qui donne le maximum de rendement; ε et a croissent, à partir du minimum, à peu près proportionnellement à $(\sigma - \sigma_m)^2$.

3° Le rendement du propulseur a pour expression simplifiée

$$\rho = \frac{1-\sigma}{1-\frac{\sigma}{2}+\frac{a}{\sigma}}. \quad (3)$$

4° Excepté dans le cas des ailes très étroites, le facteur de poussée b est de nature complexe, à cause de la coexistence des deux régimes de fonctionnement. Son expression générale est

$$b = C\frac{H^2}{g}S_1 + \frac{2k\pi}{g}HRS_2, \quad (4)$$

S_1 étant la surface du cercle, de rayon R_1, limitant la zone d'action totale (déduction faite du moyeu), en mètres carrés,

RS_2 le moment, par rapport au centre de l'hélice, de la surface projetée, sur un plan perpendiculaire à l'axe, des parties d'ailes extérieures au cercle R_1,

k le coefficient d'influence, provisoirement évalué à 1,54 pour l'eau, et 1,95 à 2,37 pour l'air,

g la constante de la gravité, en mètres par seconde,

C un coefficient égal à $1 - \frac{p_1^2}{\pi^2} \operatorname{lognat}\left(1 + \frac{\pi^2}{p_1^2}\right)$, p_1 étant le rapport du pas au diamètre $2R_1$ du cercle limitant la zone d'action totale.

Le facteur b ne dépend pas du coefficient ε des pertes de vitesse relative, et il en est de même de la poussée F de l'hélice, sauf la légère correction donnée par une formule plus complète.

5° S'il n'y a pas de zone d'action totale, ce qui est le cas des hélices aériennes habituelles à deux ailes, l'expression se simplifie; le premier terme disparaît, et il reste

$$b = \frac{2k\pi}{g} \text{HRS} = \frac{k\pi^2}{4g} p\mu\Sigma D^4, \tag{5}$$

μ étant le rapport du rayon au centre des moments des surfaces d'ailes projetées par rapport au centre au rayon périphérique,

Σ le rapport de la surface d'ailes projetées à la surface du cercle périphérique,

D le diamètre périphérique, en mètres.

6° A condition que l'hélice ne soit pas trop irrégulière, nos formules générales s'appliquent très convenablement d'un bout à l'autre du champ des variations possibles de σ : 0 à 1; mais elles s'ajustent plus exactement dans les limites des reculs de la pratique : 0,1 à 0,5; les écarts avec les courbes expérimentales de R.-E. Froude, qui semblent résulter de mesures très précises, ne dépassent pas quelques millièmes.

Le **Prince Bonaparte** fait hommage à l'Académie du 9e fascicule de ses *Notes Ptéridologiques*, qui est entièrement consacré à l'étude et à la détermination des spécimens des cinq premières familles de fougères croissant à Madagascar et récoltées par un botaniste bien connu de l'Académie,

M. H. **Perrier de la Bâthie**, qu'on ne saurait trop féliciter du zèle qu'il déploie pour augmenter la somme de nos connaissances en histoire naturelle.

Ces cinq familles sont celles des Trichomanes, des Hymenophyllums, des Cyatheas, des Hemitelias et des Alsophilas. M. H. Perrier de la Bâthie a récolté, à lui tout seul, 40 espèces et 7 variétés sur les 89 espèces et 11 variétés existant dans la Grande Ile. Il faut cependant remarquer que plusieurs des espèces non récoltées par lui sont encore douteuses, car elles ne sont pas rituellement décrites.

Le Prince Bonaparte décrit dans ce travail 15 espèces et 6 variétés nouvelles.

ELECTIONS.

En remplacement de Sir *William Crookes*, M. **Kamerlingh Onnes** est élu Correspondant pour la Section de Physique par 43 voix contre 4 à M. *Pierre Weiss* et 3 à Sir *Ernest Rutherford*.

CORRESPONDANCE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions de deux variables complexes et les fonctions limites de fonctions analytiques, uniformes ou multiformes d'une variable.* Note de M. **Gaston Julia**.

I. J'ai démontré antérieurement que, si les fonctions $f_n(x, y)$ sont holomorphes dans un domaine V de l'espace à quatre dimensions, et telles que les continus $f_n(x, y) = 0$ aient une infinité de points limites P intérieurs à V, on pouvait construire une suite de $\varphi_n(x, y) = \lambda_n f_n(x, y)$ [les λ_n étant des constantes convenables], qui ne cesse d'être normale dans V, qu'aux seuls points P.

Toutes les propriétés établies antérieurement au sujet des points où une famille de fonctions $\varphi_n(x, y)$ cesse d'être normale, s'appliquent donc aux points P,

limites des continus $f_n(x, y) = 0$. J'appellerai E l'ensemble des points P.

Aucun point P, limite de continus $f_n(x, y) = 0$ et situé dans V n'est isolé; l'ensemble E est parfait.

Si pour $x = x_0$, les y des points de E sont isolés et si y_0 est l'un deux, à toute valeur ξ, voisine de x_0, correspondra au moins une valeur η voisine de y_0, telle que le point (ξ, η) soit un point de E.

Aucune partie de E ne peut être isolée dans V; la distance OP d'un point O quelconque à un point de E ne peut être maximum pour un point particulier P_0 de E intérieur à V. Il en résulte que E *ne peut être un ensemble parfait partout discontinu.*

Enfin *si au voisinage d'un point* x_0, y_0 *de* E, *il n'y a qu'un seul point* (ξ, η) *de* E *dans chaque plan* $x = \xi$ $[|\xi - x_0| < \varepsilon, |\eta - y_0| < \varepsilon]$, η *est une fonction holomorphe de* ξ *au voisinage de* x_0.

Si au voisinage d'un point x_0, y_0 de E, il n'y a dans chaque plan $x = \xi$ que p points $(x = \xi, y = \eta_i, i = 1, 2, \ldots, p)$ de E $[|\xi - x_0| < \varepsilon, |\eta_i - y_0| < \varepsilon]$ les fonctions symétriques élémentaires de η_i seront holomorphes en ξ, en sorte *que les* $\eta_i(\xi)$ *seront des fonctions analytiques de* ξ *ayant au plus en* $\xi = x_0$ *un point critique algébrique.*

Dans les conditions précédentes, considérons les fonctions $y_n(\xi)$ définies par les relations

$$f_n(\xi, y) = 0 \qquad (n = 1, 2, \ldots, \infty),$$

$[\xi, \eta(\xi)]$ étant le point de E situé dans $x = \xi$ [ou bien $|\xi, \eta_i(\xi)|$ étant les p points de E situés dans $x = \xi$] au voisinage du point (x_0, y_0) de E, les fonctions $y_n(\xi)$ seront algébroïdes dans un domaine assez restreint $\xi - x_0| < \varepsilon$, et, dans ce domaine, on aura $|y_n(\xi) - y_0| < \varepsilon'$. Dans le domaine $|\xi - x_0| < \varepsilon$, *les fonctions* $y_n(\xi)$ *convergeront uniformément vers la fonction* $\eta(\xi)$ [ou vers les fonctions $\eta_i(\xi)$, selon les cas], car il est aisé de démontrer que l'hypothèse de la convergence non uniforme conduirait à cette conclusion [contraire à l'hypothèse faite sur E), qu'il existerait plus d'un point de E dans un certain plan $x = \xi$ du domaine $|\xi - x_0| < \varepsilon$. Réciproquement, *si, pour tout point* ξ *du domaine* $|\xi - x_0| < \varepsilon$, *les* $y_n(\xi)$ *définies par* $f_n(\xi, y) = 0$ *dans le domaine, ont un seul point limite* $\eta(\xi)$, *la convergence étant uniforme dans le domaine, le point* $[\xi, \eta(\xi)]$ *est le seul point de* E *situé dans le plan* $x = \xi$, *et la fonction* $\eta(\xi)$, *limite des fonctions algébroïdes* $y_n(\xi)$, *est holomorphe dans* $|\xi - x_0| < \varepsilon$. S'il y a p points limites $\eta_i(\xi)$, la convergence étant encore uniforme, $\eta_i(\xi)$ sera encore

analytique et aura, tout au plus, pour $\xi = x_0$, un point critique algébrique.

Ce résultat concorde avec le résultat bien connu relatif aux fonctions $\varphi_n(x)$, holomorphes dans un domaine, et convergeant uniformément dans ce domaine : la limite $\varphi(x)$ est holomorphe. On le fait rentrer dans le résultat précédent en considérant les continus $y - \varphi_n(x) = 0$ dont les seuls points limites sont les points $\eta - \varphi(\xi) = 0$. Mais il est remarquable que l'énoncé précédent, relatif aux $y_n(\xi)$, ne suppose rien sur l'uniformité ou la non-uniformité des $y_n(\xi)$ dans le domaine $|\xi - x_0| < \varepsilon$.

II. Lorsque les points limites des continus $f_n(x, y) = 0$ comprennent une nappe d'hypersurface S, $\varphi(x_1, x_2, y_1, y_2) = 0$, intérieure à V (la fonction φ ayant des dérivées jusqu'au troisième ordre), et de façon que, par exemple, *dans la région* $\varphi \geqq 0$, ou tout au moins dans une portion de cette région voisine d'un point de S, *les seuls points limites de ces continus soient les points de* S, cette nappe satisfera à l'inégalité $\mathcal{E}(\varphi) \leqq 0$ signalée antérieurement.

Si, de plus, dans une portion de V, *les seuls points limites des continus* $f_n = 0$ *sont les points de* S, S satisfait à l'équation aux dérivées partielles $\mathcal{E}(\varphi) = 0$.

III. Toutes ces propriétés se rattachent à celles des singularités essentielles des fonctions de plusieurs variables; il suffirait, pour le voir, de construire, à l'aide d'un produit canonique, suivant un procédé signalé par M. Picard ([1]), une fonction admettant pour zéro tous les points des continus $f_n(x, y) = 0$. Mais il y a toujours, à procéder ainsi, des questions de convergence délicates à élucider, que la considération d'une famille de fonctions $\varphi_n(x, y)$ ayant mêmes zéros que les f_n, et cessant d'être normale aux seuls points limites des continus $f_n(x, y) = 0$, permet d'écarter très facilement.

([1]) E. Picard, *Sur la décomposition en facteurs primaires de fonctions uniformes ayant une ligne de points singuliers essentiels* (*Comptes rendus*, t. 92, 1881, p. 690).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation conforme de domaines doublement connexes à contours rectilignes.* Note de M. **René Thiry.**

Je me propose ici de généraliser la méthode de Schwarz permettant de réaliser, par un calcul effectif, la représentation conforme d'un domaine polygonal simplement connexe sur un demi-plan, et d'étendre cette méthode à des domaines doublement connexes, limités par deux polygones rectilignes C et C'.

Soit Z l'imaginaire représentant un point quelconque d'un tel domaine, et v une variable imaginaire dans un second plan. Soit τ une quantité imaginaire pure telle que $\frac{\tau}{i}$ soit positif, considérons la bande du plan (v) comprise entre l'axe réel et la parallèle à cet axe à la distance $\frac{\tau}{2i}$.

J'appellerai domaine (V) l'ensemble des points de cette bande, deux points n'étant pas considérés comme distincts si les valeurs correspondantes de v ne diffèrent que d'un nombre entier réel. Un tel domaine est évidemment doublement connexe (du reste la transformation $w = e^{2i\pi v}$ lui ferait correspondre une couronne circulaire du plan w).

C'est sur le domaine (V) (ou, ce qui revient au même, sur le rectangle $0, 1, 1+\frac{\tau}{2}, \frac{\tau}{2}$ dont on ne regarde pas les côtés verticaux comme distincts), que nous effectuerons la représentation conforme du domaine du plan Z, les côtés horizontaux L et L' du rectangle (L coïncidant avec l'axe réel) devant correspondre respectivement aux contours C et C'.

Nous savons alors d'après les théorèmes d'existence (cf. par exemple Schottky, *Journal de Crelle*, t. 83, 1877, p. 300) qu'il existe une fonction $Z = f(v)$ permettant d'effectuer la représentation conforme d'un domaine sur l'autre, et cela même de façon qu'un point de l'un des deux contours C ou C' ait un correspondant donné à l'avance sur les droites L ou L'. Cette fonction Z devra, par hypothèse, admettre la période réelle $+1$.

Nous appellerons $A_1, A_2, \ldots, A'_1, A'_2, \ldots$ les sommets de C et de C', $v_1, v_2, \ldots, v'_1, v'_2, \ldots$ les imaginaires correspondantes du domaine (V), et nous représenterons par $\alpha_1\pi, \ldots, \alpha'_1\pi, \ldots$ les angles des polygones C et C', ces angles étant comptés positivement dans l'intérieur du domaine. On vérifie très facilement les deux relations

$$\Sigma(\alpha_1 - 1) = -2, \qquad \Sigma(\alpha'_1 - 1) = +2,$$

si C désigne le polygone extérieur.

Ceci posé, nous considérerons avec Schwarz la fonction

$$E(v) = \frac{d}{dv} \log \frac{dZ}{dv}.$$

On remarquera, comme pour les domaines à connexion simple, qu'elle prend des valeurs réelles sur les droites L et L'. Le principe de symétrie de Schwarz permettra alors de la prolonger analytiquement à l'extérieur du domaine (V) en lui attribuant des valeurs imaginaires conjuguées en des points symétriques soit par rapport à L, soit par rapport à L'.

La fonction E, qui, de même que Z, admet la période 1, aura, ainsi prolongée, également la période τ. Quant aux points $v_1, v_2, \ldots, v'_1, v'_2, \ldots$, ou à leurs homologues, ils seront, comme dans le cas de la connexion simple, des pôles simples avec résidus $\alpha_1 - 1, \alpha_2 - 1, \ldots, \alpha'_1 - 1, \alpha'_2 - 1, \ldots$.

En posant $v'_i = \frac{\tau}{2} + w_i$ et d'après un théorème connu sur les fonctions elliptiques, E pourra se mettre sous la forme

$$E(v) = \Sigma(\alpha_1 - 1)\frac{\mathfrak{S}'_1(v - v_1)}{\mathfrak{S}_1(v - v_1)} + \Sigma(\alpha'_1 - 1)\frac{\mathfrak{S}'_4(v - w_1)}{\mathfrak{S}_4(v - w_1)} + K,$$

la constante C étant réelle puisque E doit l'être pour les valeurs réelles de v.

On a ensuite

$$\frac{dZ}{dv} = He^{Kv}\Pi\mathfrak{S}_1^{\alpha_1 - 1}(v - v_1)\,\Pi\mathfrak{S}_4^{\alpha'_1 - 1}(v - w_1).$$

La fonction $\frac{dZ}{dv}$ devant avoir la période 1, la constante K est nécessairement nulle; H est une constante imaginaire.

Enfin on a

$$Z = Z_0 + H\int \Pi\mathfrak{S}_1^{\alpha_1 - 1}(v - v_1)\,\Pi\mathfrak{S}_4^{\alpha'_1 - 1}(v - w_1)\,dv,$$

formule qui est une généralisation directe de la formule classique de Schwarz.

Il reste à assurer à la fonction Z la période 1, ce qui donne la condition (qui en contient en réalité deux)

$$\int_{v_0}^{v_0+1} \Pi\mathfrak{S}_1^{\alpha_1 - 1}(v - v_1)\,\Pi\mathfrak{S}_4^{\alpha'_1 - 1}(v - w_1)\,dv = 0,$$

v_0 étant une quantité quelconque qu'on choisira de façon à ne pas rencontrer de points singuliers sur le chemin d'intégration.

Comme un changement de variable de la forme $v = w + h$ (h réel) transforme le domaine (V) en lui-même, il est clair que conformément à la théorie générale on peut attribuer à l'un quelconque des nombres v_i ou w_i une valeur donnée à l'avance.

J'ai explicité les calculs dans un cas qui m'était utile pour certains problèmes d'hydrodynamique, où le domaine du plan Z est formé d'un plan entier avec deux coupures parallèles, non dans le prolongement l'une de l'autre, l'une de longueur finie, l'autre s'étendant à l'infini dans un sens.

On obtient alors la fonction Z et la relation de périodicité sous la forme

$$Z = \begin{vmatrix} u & -\zeta u & pu \\ 1 & pa & p'a \\ 1 & pb & p'b \end{vmatrix}, \quad u = 2\omega_1 v, \quad \tau = \frac{\omega_3}{\omega_1} \ (\omega_1 \text{ quelconque}); \quad \begin{vmatrix} \omega_1 & -\eta_1 & 0 \\ 1 & pa & p'a \\ 1 & pb & p'b \end{vmatrix} = 0.$$

Les conditions géométriques de forme du domaine, au nombre de trois, achèvent avec la relation de déterminer les constantes a, b, ω_1, ω_3 (a et b ont pour partie imaginaire ω_3).

Naturellement les diverses généralisations de la formule de Schwarz (concernant les points à l'infini, les points de ramification, etc.; voir Schläfli, *Journal de Crelle*, t. 78, 1874, p. 63), s'appliquent sans difficulté.

Enfin on pourrait substituer au domaine (V) une demi-surface de Riemann à deux feuillets et à points de ramification ± 1 et $\pm \frac{1}{k}$ et déterminer par un procédé analogue la fonction Z sur cette surface. Le calcul, un peu moins simple, a l'avantage de s'étendre à des domaines de connexion quelconque en introduisant des intégrales abéliennes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la représentation conforme des aires doublement connexes.* Note de M. **Henri Villat.**

La possibilité de représenter conformément une aire doublement connexe sur un anneau circulaire approprié est bien connue. M. René Thiry vient d'indiquer une élégante solution effective du problème dans le cas où les frontières du domaine sont constituées par des segments de droites (¹). En employant un théorème que j'ai obtenu antérieurement (²), on peut

(¹) Voir la Note ci-dessus.

(²) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 680, et *Rendiconti del Circolo di Palermo*, t. 33.

réaliser la solution dans le cas général des frontières quelconques. Nous emploierons pour cela une interprétation mécanique qui facilite et rend naturelle la marche des calculs.

Sur le domaine considéré du plan Z, étendons une couche de fluide homogène non tourbillonnaire, de densité 1, et animé d'un mouvement permanent de rotation d'ensemble autour des courbes limites, ces dernières étant suivies tangentiellement par le fluide. (Nous ne nous préoccupons pas de la possibilité *physique* d'un tel mouvement.) Soient φ et ψ le potentiel et la fonction de courant; posons

$$f = \varphi + i\psi; \qquad \frac{df}{dz} = e^{-i\Omega}.$$

Dans le plan f, le domaine considéré du plan Z sera représenté sur un rectangle de dimensions ψ_0 et φ_0, où ψ_0 désigne le débit et φ_0 la constante cyclique. Posant ensuite

$$f = -\frac{i\varphi_0}{2\pi}\log Z,$$

nous aurons dans le plan Z une représentation conforme sur un anneau circulaire de rayons 1 et $q = e^{-2\pi\frac{\psi_0}{\varphi_0}}$; ce qui était le résultat à atteindre.

Pour que la question soit achevée, il faut seulement connaître la fonction Ω; considérée comme fonction de Z, $\Omega(Z)$ n'est pas une fonction uniforme : sa partie réelle augmente de $2i\pi$ quand on fait un tour complet dans l'anneau; mais après avoir fait choix d'une détermination pour le logarithme, la fonction $\Omega_1 = \Omega + i\log Z$ sera uniforme et régulière. Si s désigne l'argument de Z, la partie réelle de Ω_1 sera alors $\Phi(s) - s$ ou $\Psi(s) - s$ sur les deux circonférences de rayons 1 et q, $\Phi(s)$ et $\Psi(s)$ représentant les angles que font avec l'axe réel les tangentes aux deux frontières. Les variations de ces fonctions $\Phi(s)$ et $\Psi(s)$ sont donc connues quand on donne les courbes limites. Dans ces conditions, en appliquant une formule que j'ai indiquée antérieurement, on peut écrire

$$\Omega_1(Z) = \frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{2\pi}[\Phi(s) - s]\,\zeta\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log Z - \frac{\omega_1}{\pi}s\right)ds$$
$$- \frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{2\pi}[\Psi(s) - s]\,\zeta_3\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log Z - \frac{\omega_1}{\pi}s\right)ds$$

avec la relation nécessaire

$$\int_0^{2\pi}[\Phi(s) - \Psi(s)]\,ds = 0.$$

Le terme

$$A = \frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{2\pi} s\left[\zeta\left(\frac{\omega_1}{\pi}s - \frac{\omega_1}{i\pi}\log Z\right) - \zeta_3\left(\frac{\omega_1}{\pi}s - \frac{\omega_1}{i\pi}\log Z\right)\right] ds$$

peut se calculer une fois pour toutes. Par des transformations que je ne reproduis pas, on trouve

$$A = 2i\log\left[-\frac{\sigma\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log Z\right)}{\sigma_3\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log Z\right)}\right] - 2i\log\frac{\omega_1}{\pi} + 4i\sum_1^\infty \frac{q^n}{n(1+q^n)} + i\log Z.$$

D'ailleurs, si q_0, q_1, q_2, q_3 sont les produits infinis bien connus, on démontre que

$$\sum_1^\infty \frac{q^n}{n(1+q^n)} = \log\frac{q_0}{q_3}.$$

De là on conclut la forme générale de $\Omega(Z)$; on repassera ensuite du plan Z au plan z par la formule

$$dz = e^{i\Omega}\, df = -\frac{i\varphi_0}{2\pi} e^{i\Omega_1(Z)}\, dZ,$$

et il faudra ici ajouter la *condition de fermeture*

$$\int e^{i\Omega_1(Z)}\, dZ = 0,$$

où l'intégrale est étendue à un circuit fermé quelconque (par exemple, une frontière), entourant la circonférence intérieure.

Lorsque $\Phi(s)$ et $\Psi(s)$ se réduisent à des successions de valeurs constantes, on retombe sur les résultats obtenus par M. René Thiry.

Dans une question concernant les fluides visqueux, j'ai été amené à expliciter le cas où le domaine z est le demi-plan supérieur barré par une coupure rectiligne d'inclinaison δ sur Ox. Le procédé ci-dessus conduit à l'expression

$$\Omega_1(Z) = i\log\frac{\vartheta_1^2\left(\frac{\log Z}{2i\pi} - \frac{s_1}{2\pi}\right)}{\vartheta_4\left(\frac{\log Z}{2i\pi}\right)\vartheta_4\left(\frac{\log Z}{2i\pi} - \frac{s_0}{2\pi}\right)} + i\log Z + \text{const.}$$

avec la condition

$$2(\delta + \pi) + s_0 - 2s_1 = 0,$$

et la condition de fermeture

$$\int_0^1 \frac{\mathfrak{S}_1(v)\,\mathfrak{S}_1\left(v-\frac{s_0}{2\pi}\right)}{\mathfrak{S}_4^2\left(v-\frac{s_1}{2\pi}\right)}\,dv = 0.$$

En utilisant les propriétés des fonctions à multiplicateurs constants, cette dernière condition peut finalement se remplacer par la suivante :

$$\mathfrak{S}_1\left(\frac{s_1}{2\pi}\right)\mathfrak{S}'_4\left(\frac{s_1-s_0}{2\pi}\right)+\mathfrak{S}_4\left(\frac{s_1-s_0}{2\pi}\right)\mathfrak{S}'_4\left(\frac{s_1}{2\pi}\right)=0.$$

Les solutions évidentes $\frac{s_1-s_0}{2\pi}=-\frac{s_1}{2\pi}$ ou $1-\frac{s_1}{2\pi}$ sont à rejeter; mais il en existe une autre facile à préciser. On trouvera ailleurs le détail des calculs.

En terminant, ajoutons que l'application de la méthode de M. R. Thiry au cas où le domaine est limité par des arcs de cercle, permet de rattacher la question de la représentation conforme à la résolution de certaines équations différentielles du second ordre, linéaires, à coefficients doublement périodiques, et d'apparence analogue à celle de l'équation de Lamé; cependant les intégrales ne sont pas en général uniformes. Certaines de ces équations différentielles présentent des particularités extrêmement intéressantes.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de translation de Sophus Lie.* Note (¹) de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. G. Kœnigs.

1. Sophus Lie a indiqué le moyen d'obtenir, dans l'espace à *trois* ou n dimensions, toutes les surfaces susceptibles, au titre de surfaces de translation, de deux ou plusieurs modes de génération.

Elles sont transcendantes, sauf quelques cas exceptionnels, dont Sophus Lie signale l'existence, sans expliciter, sinon pour la surface réglée de Cayley (²).

Poincaré a indiqué (*Journal de Mathématiques*, 1895) la surface lieu des milieux des cordes d'une cubique gauche.

J'indique dans l'espace ordinaire tous les types algébriques. On sait que

(¹) Séance du 31 mai 1920.

(²) Sophus Lie, *Geometrie der Berührungstransformationen*, p. 410 et 411.

la transformation homographique la plus générale conservant le plan de l'infini remplace toute surface de Lie par une autre de même définition; cela nous permet ici d'obtenir des types canoniques réduits; ils ne renferment plus de constantes arbitraires; si l'on ne fait pas de distinction entre les transformations réelles ou imaginaires, on trouve neuf types:

(1) $$x^2 + y^2 - 2z = 0,$$
(2) $$x^4 + 3y^2 - 4xz - 3 = 0,$$
(3) $$2z + x^3 - 3xy = 0,$$
(4) $$z(x^2 - y) - 2x = 0,$$
(5) $$xyz + x + y + z = 0,$$
(6) $$2z - y^2 - 2x^2y + x^4 = 0,$$
(7) $$x^3y - 3(x^2 + xy + yz) + 3 = 0,$$
(8) $$4z - 5xy^2 + x^5 = 0,$$
(9) $$4z + 180x - 5xy^2 + 20x^3 + x^5 = 0.$$

Le paraboloïde (1) et la surface de Cayley (3) sont les seuls types possédant une infinité de générations; inutile d'insister pour le paraboloïde; la surface de Cayley est lieu des milieux des cordes de l'une quelconque des cubiques

$$x = 2t, \qquad y = 2(t^2 - a), \qquad z = 2(t^3 - 3at)$$

qui en sont même les asymptotiques non rectilignes. La surface (2) est celle que la théorie de Lie associe naturellement à toute surface telle que (3) qui possède une infinité de générations.

Les sept derniers types possèdent une propriété géométrique commune permettant de les obtenir sans effort: ces surfaces (ou celles que l'on en déduit par l'homographie précisée plus haut) sont le lieu des milieux des cordes soit de la cubique gauche la plus générale, soit de la quartique gauche unicursale la plus générale possédant à l'infini un point stationnaire, soit de la quintique gauche unicursale la plus générale osculatrice au plan de l'infini en un point triple à tangente unique.

La surface (3) se déduit d'une cubique osculatrice au plan de l'infini; la surface (4) se déduit de la cubique $x = 2t, y = 2t^2, z = \frac{2}{t}$ tangente au plan de l'infini, la surface (5) de la cubique à directions asymptotiques distinctes $x = 1 - \frac{4}{1+z}, y = \frac{4}{1-z} - 1$.

La surface (6) dérive de la quartique $x = 2t$, $y = 2t^2$, $z = 2t^4$ osculatrice au plan de l'infini en un point stationnaire; la surface (7) de la quar-

tique $x = \frac{4}{t} + 1$, $y = t$, $z = \frac{16}{3t^3} + \frac{8}{t^2} - \frac{2}{3}$ tangente, mais non osculatrice, au plan de l'infini en un point stationnaire. La surface (8) est donnée par la quintique $x = 2t$, $y = 2t^2$, $z = 2t^5$ et la surface (9) par la quintique $x = 2t$, $y = 2t^2$, $z = 2t^5 + 20t^3$.

Pour les trois premiers types, tous les modes de génération ont déjà été indiqués; les surfaces (5), (7), (8), (9) ayant un centre, le mode déjà connu donne aussitôt le second. Il ne reste donc que les surfaces (4) et (6); pour la surface (4), le second mode est indiqué par les formules

$$x = t_1 - t, \qquad y = t_1^2 - t^2, \qquad z = \frac{-1}{t}, \tag{10}$$

et pour la surface (6) par les formules

$$x = -t, \qquad y = -t^2 + 2t_1, \qquad z = -t^4 + 2t_1^2. \tag{11}$$

Si l'on tient compte maintenant de la réalité ou non-réalité de la transformation ramenant au type réduit, il y aura lieu de distinguer des formes telles que

$$x^2 + y^2 - 2z = 0 \quad \text{ou} \quad x^2 - y^2 - 2z = 0,$$

pour le paraboloïde; ou bien

$$x^4 + 3y^2 - 4xz - 3 = 0 \quad \text{ou} \quad x^4 - 3y^2 + 4xz - 3 = 0,$$

ou

$$x^4 + 3y^2 - 4xz + 3 = 0 \quad \text{ou} \quad x^4 - 3y^2 + 4xz + 3 = 0, \quad \ldots$$

En tout on obtient alors *vingt et un* types, dont certains sont engendrés par des réseaux de translation réels et d'autres par des réseaux imaginaires.

2. Il est intéressant de donner un exemple de surface de Lie unicursale dans l'espace à $n+1$ dimensions. Il suffit de remarquer que, si $A_0, A_1, \ldots, A_n$ sont des constantes arbitraires, mais fixes ($A_0 \neq 0$) et si $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$ sont des paramètres variables, l'équation

$$\begin{aligned}(2n+1)A_0 t^{2n} + 2nA_1 t^{2n-1} + \ldots \\ + (n+1)A_n t^n + \lambda_1 t^{n-1} + \lambda_2 t^{n-2} + \ldots + \lambda_n = 0\end{aligned} \tag{12}$$

définit $2n$ fonctions $t_1, t_2, \ldots, t_{2n}$ des λ telles que si l'on pose

$$\Sigma_p = t_1^p + t_2^p + \ldots + t_{2n}^p,$$

les fonctions symétriques

$$\Sigma_1, \quad \Sigma_2, \quad \ldots, \quad \Sigma_n, \quad A_0\Sigma_{2n+1} + A_1\Sigma_{2n} + \ldots + A_n\Sigma_{n+1} \tag{13}$$

sont indépendantes des λ. Le point

$$(14)\quad \begin{cases} x_1 = t_1 + t_2 + \ldots + t_n, \\ x_2 = t_1^2 + t_2^2 + \ldots + t_n^2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ x_n = t_1^n + t_2^n + \ldots + t_n^n, \\ x_{n+1} = A_0 \sum_1^n t_i^{2n+1} + A_1 \sum_1^n t_i^{2n} + \ldots + A_n \sum_1^n t_i^{n+1} \end{cases}$$

décrit dans l'espace à $(n+1)$ dimensions la surface annoncée qui est de translation et admet pour centre de symétrie le point dont les coordonnées sont respectivement les moitiés des fonctions symétriques (13), de sorte que le second mode de génération s'obtient aussitôt. Pour $A_0 = 0$, la démonstration est en défaut; mais le résultat subsiste, la surface n'a plus de centre mais conserve deux modes de génération. On remarquera même que l'hypothèse $A_0 = A_1 = 0$ fournit pour toutes les valeurs de $A_2, A_3, \ldots, A_n$ une surface réglée; si l'on a

$$A_0 = A_1 = A_2 = \ldots = A_{n-1} = 0,$$

cette surface réglée admet une infinité de générations, au sens de Lie, dépendant de $n-1$ arbitraires.

NAVIGATION. — *Sur l'induction magnétique dans les correcteurs de fer doux des compas sous l'influence des aiguilles de la rose.* Note de **M. L. Dunoyer.**

J'ai développé jadis [1], en partant des formules de Maxwell sur l'induction magnétique, la théorie complète de l'action que les sphères correctrices de fer doux exercent sur les compas par l'effet du champ magnétique inducteur qu'il crée autour de lui. Des calculs, assez longs et pénibles, donnaient la valeur du couple Γ exercé sur les compas en fonction :

1° Du moment magnétique M du compas, du rayon extérieur a de la sphère et de son épaisseur;

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 834, et, pour plus de détails, ma *Thèse* parue aux *Annales de Chimie et de Physique*, t. 17, 1909, p. 5-126, ou bien la *Revue maritime et coloniale*, t. 185, 1910, p. 306-336.

2° De l'angle ψ compris entre l'axe magnétique du compas et la ligne joignant son centre au centre de la sphère;

3° Du rapport $\frac{l}{b}$ entre la demi-longueur de l'axe magnétique et la distance du centre du compas au centre de la sphère.

Le couple se présentait sous la forme d'une série ordonnée suivant les puissances croissantes de $\frac{l}{b}$, dont les premiers termes étaient

$$\Gamma = \frac{M^2 a^3}{b^6} \sin\psi \left(P \cos\psi + Q \cos 2\psi \frac{l}{b} \right)$$

avec

$$P = 2^2 c_1 + 3^2 c_2 \frac{a^2}{b^2} + \ldots + (n+1)^2 \; c_n \frac{a^{2(n-1)}}{b^{2(n-1)}} + \ldots,$$

$$Q = c_1 \quad + 3 \; c_2 \frac{a^2}{b^2} + \ldots + \frac{n(n+1)}{2} c_n \frac{a^{2(n-1)}}{b^{2(n-1)}} + \ldots,$$

les coefficients c_n ne dépendant que de la susceptibilité magnétique de la sphère, de son rayon et de son épaisseur.

Les deux parties du couple Γ avaient une signification géométrique simple. La seconde s'annulait quand on employait deux sphères symétriques.

Des recherches expérimentales entreprises par M. le vice-amiral Perrin, pour vérifier certaines méthodes de régulation des compas, lui ayant révélé l'existence de termes perturbateurs, il fut conduit à placer des sphères compensatrices de grand diamètre ($30^{\text{cm}},5$) à faible distance (moins de 15^{cm}) du centre d'un compas Kelvin, pour rendre plus apparentes les perturbations constatées, qu'il imputait à la longueur des aiguilles. Les formules qu'il employait s'étant montrées insuffisantes, M. Perrin en chercha l'explication, sur mon conseil, dans l'induction des sphères sous l'influence des aiguilles de la rose, malgré le faible moment magnétique de celle-ci (300 unités C. G. S. environ). Il fut conduit de la sorte à reprendre en entier mes développements analytiques. Ce travail lui a permis de constater qu'une erreur s'était glissée dans les signes et dans la combinaison de deux termes des séries dont dépend l'induction. Je remercie M. Perrin d'avoir bien voulu me mettre en mesure de réparer cette erreur. Elle a une double conséquence :

1° Dans l'expression du couple Γ, le terme en $\frac{l}{b}$, que je croyais nul seule-

ment quand on emploie deux sphères symétriques, *est toujours nul.* Le couple ne comprend que des puissances paires de $\frac{l}{b}$;

2° La valeur du coefficient P est non pas celle qui a été transcrite plus haut, mais

$$P = \frac{2.3}{2} c_1 + \frac{3.4}{2} c_2 \frac{a^2}{b^2} + \ldots + \frac{(n+1)(n+2)}{2} c_n \frac{a^{2(n-1)}}{b^{2(n-1)}} + \ldots.$$

Cette valeur de P, pour une sphère donnée, est moindre que celle que j'avais calculée. Pour une sphère réglementaire de $21^c, 6$, par exemple, placée à $25^c, 6$ du centre de la rose, la nouvelle valeur de P est seulement 3,75 au lieu de 5,113. Un hasard singulier avait voulu que celle-ci me conduisît à des déviations calculées concordant à moins d'un degré près avec les déviations observées (qui atteignaient 24°).

La concordance ne se maintient plus avec la nouvelle valeur de P. M. Perrin, continuant le développement de la méthode analytique que j'avais indiquée, a calculé le terme en $\frac{l^2}{b^2}$ dans le couple Γ. Ses recherches seront ultérieurement publiées avec tous les détails qu'elles comportent.

Je suis dès maintenant autorisé à dire que la théorie, ainsi complétée, fournit un accord des plus satisfaisants entre les déviations calculées et les déviations observées. La valeur de l'induction s'est trouvée, dans mes expériences, augmentée d'un tiers *par l'effet de la longueur des aiguilles, effet qui paraît ne pouvoir être négligé pour aucun compas actuellement existant.* Les écarts entre la théorie et l'expérience ne dépassent pas 0°, 3 pour des déviations de 24°.

INSTRUMENTS DE MESURE. — *L'échelle rectiligne à divisions équidistantes appliquée à la mesure et à la division des angles et les appareils de mesure à sensibilité constante.* Note de MM. **L. Barbillion** et **M. Dugit**, présentée par M. Rateau.

La mesure d'un angle est, en général, ramenée à la mesure d'un arc de circonférence de cercle. Dans le cercle, à des arcs égaux correspondent, en effet, des angles au centre égaux. Si l'on appelle *sensibilité d'une échelle de mesure* le rapport de la mesure de la quantité à mesurer (angle) à la mesure de la quantité réellement mesurée (arc de cercle), l'échelle circulaire,

appliquée à la mesure des angles, présente une sensibilité constante. A une variation ds de l'angle correspond une variation $d\alpha$ de l'arc à mesurer :

$$\frac{d\alpha}{ds} = \text{const.}$$

En particulier, la division d'un angle en un certain nombre de parties égales est ramenée à la division d'un arc de cercle.

L'échelle rectiligne, malgré sa réalisation facile et son emploi plus commode, n'est employée qu'exceptionnellement pour la mesure des angles. La méthode de Poggendorff pour la mesure des petits angles en est un rare exemple. Mais la loi de correspondance entre les angles et les divisions de l'échelle n'est pas linéaire. A des *arcs égaux* correspondent des *intervalles inégaux de la graduation*. La précision de la mesure varie avec la région utilisée de l'échelle.

On peut se proposer de faire correspondre à la variation $d\alpha$ de l'angle α la variation $d\rho$ d'une échelle rectiligne.

Pour qu'il y ait proportionnalité entre $d\rho$ et $d\alpha$, il faut que

$$\rho = m\alpha + a \qquad (m \text{ et } a \text{ sont des constantes}).$$

Il suffit donc :

1° Ou bien de s'adresser à une spirale d'Archimède ayant pour pôle le sommet de l'angle et de mesurer la différence des rayons vecteurs suivant les côtés de l'angle;

2° Ou bien d'utiliser une développante de cercle et de mesurer la variation du rayon de courbure entre les deux points d'intersection des côtés de l'angle et de la courbe; dans ce dernier cas, la courbe indicatrice (trajectoire orthogonale des tangentes au cercle) a l'avantage de couper orthogonalement l'échelle rectiligne.

Les deux courbes précédentes (spirale d'Archimède et développante de cercle) peuvent, du reste, se tracer mécaniquement avec facilité et précision. Leur emploi dans les appareils de mesure des angles permet d'en simplifier la construction, d'en rendre l'usage plus commode, et, surtout dans les appareils à lecture rapide, d'en augmenter très simplement la précision.

Ainsi ramenées à la mesure et à la division d'un segment de droite qui lui est proportionnel, la mesure d'un angle et la division d'un angle en un nombre quelconque de parties égales sont des opérations immédiates.

En adoptant la spirale d'Archimède, on a construit un rapporteur à alidade qui permet, avec un limbe de 20^{cm} de diamètre, d'apprécier sans

vernier un angle au $\frac{1}{10}$ de degré, tandis qu'une graduation circulaire sur la périphérie, ne permet d'obtenir avec la même facilité que le demi-degré.

Les mesures d'un très grand nombre de phénomènes physiques se ramènent à des mesures d'angles. A la mesure A d'un tel phénomène, les appareils de mesure font, en général, correspondre un angle α tel que $A = f(\alpha)$. Si l'on imagine la courbe dont l'équation est $\rho = Kf(\alpha)$ en coordonnées polaires ($K = \text{const.}$), des relations $dA = f'(\alpha)d\alpha$ et $d\rho = Kf'(\alpha)d\alpha$, on déduit immédiatement la proportionnalité de $d\rho$ à dA. On peut réaliser des appareils de mesure répondant à cette condition, soit en traçant la courbe $\rho = Kf(\alpha)$ sur un cadran mobile par rapport à l'échelle rectiligne fixe, soit en matérialisant la courbe sous forme d'aiguille curviligne mobile. On peut aussi tracer la courbe polaire sur un cadran fixe et mesurer le rayon vecteur sur une aiguille rectiligne graduée et mobile autour du pôle de la courbe.

Ce principe très simple est susceptible d'être appliqué avantageusement à la plupart des appareils de mesure usuels et, en particulier, lorsqu'il s'agit de mesures à partir d'une origine variable. Le changement d'origine peut s'effectuer par une simple translation de l'échelle graduée et cela, en toute rigueur, sans altérer la valeur des résultats.

Sur ce principe, il a été construit, entre autres, par l'un de nous, un altimètre donnant, relativement à des origines quelconques, l'altitude rigoureuse d'un point quelconque par la mesure des variations de la pression atmosphérique entre deux points considérés, un micromanomètre avec lecture au centième de millimètre, divers manomètres de précision, etc.

PHYSIQUE. — *Reproduction de la parole par la galène et les ondes entretenues.* Note de Mlle **Paule Collet**, présentée par M. J. Violle.

MM. Brazier et Dongier ont indiqué en 1913 [1] que le passage d'un courant alternatif, au contact d'une pointe métallique et d'un cristal de galène, détermine un effet sonore, lorsque le courant est suffisamment intense.

J'ai repris l'étude des phénomènes sonores provoqués dans la galène par des courants alternatifs, par des courants variables, et par des trains d'ondes électriques, en l'étendant aux ondes entretenues. Ce sont les résultats

(1) Brazier et Dongier, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 587.

obtenus avec cette dernière catégorie d'ondes qui font l'objet de la présente Note.

J'ai utilisé, de façon constante, le dispositif monté par M. Rothé pour des expériences de microphonie et de téléphonie sans fil : il comprend un circuit primaire émetteur à lampes, au nombre de 1 à 5, où l'entretien des ondes est produit par un couplage en dérivation, et un circuit secondaire induit, entièrement séparé du premier, et qu'on accorde sur le circuit émetteur par le réglage d'une capacité variable.

C'est aux bornes de cette capacité que l'on place en dérivation, par deux fils de ligne de plusieurs mètres de longueur, une galène sensible avec pointe de platine. Mais cette pointe est fixée au centre de la membrane reproductrice d'un phonographe, montée sur le pavillon de cet appareil.

Si, après avoir accroché le primaire et accordé le circuit induit, on coupe périodiquement ce dernier circuit au moyen d'un diapason entretenu électriquement, on constate qu'on entend au phonographe un son de même hauteur que celui du diapason : la galène fonctionne donc en récepteur haut parleur. La longueur des fils de ligne, qui a varié de 5^{m} à 25^{m}, permet de placer le récepteur à galène dans une chambre éloignée, et d'éliminer toute perturbation due à la transmission directe du son du diapason.

Une galène non sensible donne, dans ces conditions, un phénomène de même ordre qu'une galène sensible, mais bien moins intense. On n'entend plus rien si on appuie sur une plaque métallique la pointe de platine, après l'avoir *soigneusement* nettoyée.

D'autre part le son perçu n'est pas sensiblement renforcé si l'on augmente le nombre de lampes du circuit à ondes entretenues.

Au lieu d'interrompre périodiquement la réception des ondes entretenues, on peut aussi faire interférer dans un même circuit induit deux séries d'ondes entretenues, de périodes très voisines, émises par deux primaires distincts. Le phonographe reproduit alors les phénomènes sonores de hauteur variable caractéristiques des battements d'ondes entretenues, et qu'on entend habituellement au téléphone lorsqu'on utilise à la réception une lampe hétérodyne.

Le phénomène sonore, dont la galène est le siège, suit donc avec une fidélité si parfaite les perturbations des ondes entretenues que nous avons pensé que ce cristal reproduirait fidèlement aussi la parole et les sons musicaux. Pour obtenir ce résultat nous avons intercalé dans le circuit induit un microphone à charbon devant lequel on parle. Le phonographe, placé dans une pièce éloignée, dans les conditions ci-dessus indiquées, reproduit la

voix avec une grande intensité, et l'on est frappé de la perfection avec laquelle le timbre est rendu.

Les perturbations introduites dans le régime des ondes entretenues par les vibrations du microphone reproduisent la voix ou le chant avec tous leurs détails; la galène ainsi montée constitue un véritable récepteur microphonique.

Ici encore il n'y a aucun avantage à parler très fort, ni à utiliser des courants très intenses ; ce sont les *variations d'intensité* qu'il faut rendre suffisamment intenses.

L'origine du phénomène semble être d'ordre thermique. D'autres expériences que nous décrirons ultérieurement, mettent en évidence un échauffement de la galène, qui provoque des dilatations et contractions successives, par suite des variations aux points de contact engendrant un son, suivant le mode d'un trembleur de Trevelyan.

Il est utile d'observer que l'action est beaucoup plus intense aux points qui présentent de la sensibilité pour la détection des ondes.

PHYSIQUE. — *Excitation du spectre de bandes de l'azote par des électrons de faible vitesse.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. E. Bouty.

Les potentiels de résonance et d'ionisation de l'azote ont été déterminés par Franck et Hertz (1), Hughes et Dixson (2), Bishop (3), Davies et Goucher (4), Karrer (5), Smyth (6) et Found (7). Les différents auteurs sont d'accord pour reconnaître que l'ionisation de l'azote par des électrons de faible vitesse ne commence que lorsque le potentiel accélérateur est voisin de 18 volts. En dessous de cette limite, on rencontre un ou deux potentiels de résonance (sans ionisation) situés vers 7,5 et 9 volts.

Toutes les expériences qui ont conduit à ces conclusions ont été faites par la méthode électrique, c'est-à-dire par la recherche des points anguleux

(1) Franck et Hertz, *Verh. d. deut. phys. Ges.*, t. 16, 1914, p. 512.
(2) Hughes et Dixson, *Phys. Review*, t. 10, 1917, p. 495.
(3) Bishop, *Ibid.*, t. 9, 1917, p. 561.
(4) Davies et Goucher, *Ibid.*, t. 13, 1919, p. 1.
(5) Karrer, *Ibid.*, t. 13, 1919, p. 281.
(6) Smith, *Ibid.*, t. 14, 1919, p. 409.
(7) Found, *Ibid.*, t. 15, 1920, p. 132.

dans la courbe du courant produit par les électrons. Les radiations correspondant aux potentiels de résonance ont été reconnues par leurs effets photoélectriques; elles n'ont pas été enregistrées directement. Il nous a semblé nécessaire de rechercher par l'observation spectroscopique quelle est la nature des radiations émises afin de voir s'il s'agit, comme pour les vapeurs métalliques, de raies de résonance ou au contraire d'un spectre de bandes.

Nous avons employé comme source de radiation une lampe à trois électrodes du type moyen de la Radiotélégraphie militaire française (la grille et la plaque sont réunies en permanence de façon à ne former qu'une anode unique). Sur cette lampe a été soudé un tube de verre centré sur le filament et fermé par une lame de fluorine. Entre le pôle négatif du filament et l'anode on peut établir une différence de potentiel réglable et connue. Les radiations qui prennent naissance dans le gaz sont reçues dans un spectrographe de faible dispersion à prisme de quartz et à lentilles achromatiques spath-quartz.

Une première observation est la suivante : le vide est fait dans la lampe au moyen d'une pompe Gaede (à mercure) fonctionnant en permanence. On arrive ainsi à une pression limite de quelques dix millièmes de millimètre. Sous cette pression très faible, la lampe donne toujours, sitôt qu'on lui applique un voltage d'une douzaine de volts, un spectre complet du mercure, qui se rapproche des spectres fournis par les tubes de Geissler. Quand le voltage appliqué descend au-dessous d'une certaine valeur (de l'ordre de 10 volts) le spectre du mercure se réduit à l'unique raie de résonance 2536, déjà obtenue dans des conditions semblables par Franck et Hertz. De toutes façons il est impossible d'éviter les raies du mercure lorsqu'on emploie sans précautions spéciales une pompe à mercure pour évacuer les appareils. Il y a là une cause d'erreur dont la méthode électrique ne tient pas toujours compte.

Malgré la présence des raies du mercure, on distingue aussi sur les clichés un certain nombre d'images, généralement faibles quand le vide est poussé, mais prenant une intensité notable quand on laisse dans la lampe une pression d'air de quelques centièmes de millimètre. Dans le champ spectral de notre appareil (4000-2000 A.), ces images ont pu être identifiées avec les bandes du second spectre positif de l'azote ($\lambda = 3577$, 3371, 3159, 2977, 2820). La bande 2820 est une de celles qui ont le plus d'intensité et qui se distinguent le plus sûrement des raies avoisinantes du mercure. Les clichés ne présentent pas de raies de l'oxygène.

Nous avons alors cherché à diminuer le voltage appliqué sur la lampe

jusqu'au point où disparaissent les dernières traces de la bande 2820. Les expériences ont été faites avec diverses lampes, sous divers régimes de chauffage et à des pressions variant de 0,5 millième de millimètre jusqu'à 1 dixième de millimètre. Nous n'avons pu observer avec certitude le spectre de l'azote sous des voltages inférieurs à 12 volts, mais pour cette valeur et des valeurs supérieures du potentiel appliqué les bandes caractéristiques apparaissent régulièrement.

Le voltage de 12 volts déterminé de la sorte ne peut être considéré comme égal au potentiel minimum capable d'exciter le spectre de l'azote. Une correction importante est nécessaire par suite de la chute de voltage le long du filament (de $2^v,5$ à $3^v,5$ suivant les cas); de plus la vitesse propre d'émission des électrons peut correspondre à un voltage supplémentaire de l'ordre de 1 volt. Ces causes d'erreur paraissent dans leur ensemble conduire à des valeurs trop fortes du potentiel critique. Nous l'avons vérifié en déterminant spectroscopiquement le potentiel de résonance bien connu du mercure sous une pression d'air égale à celle des expériences précédentes. Nous n'avons pu obtenir la raie 2536 que sous un potentiel au moins égal à 7 volts, alors que le potentiel de résonance est $4^v,9$.

En tenant compte de ce résultat, on peut dire qu'il est possible d'exciter le rayonnement de l'azote sous un potentiel critique voisin de 10 volts (valeur légèrement supérieure à celles qui ont été déterminées électriquement par d'autres expérimentateurs).

L'exemple de l'azote montre que les spectres de bandes, comme les spectres de raies, peuvent être excités par choc électronique sous un voltage nettement inférieur au potentiel d'ionisation (18 volts).

PHYSIQUE. — *Sur l'effet électrothermique dans un conducteur homogène à section constante.* Note [1] de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. H. Le Chatelier.

1. Dans une Note antérieure [2] j'ai fait voir que le courant électrique, dans un conducteur qui présente un étranglement, donne lieu à une différence de température u du métal des deux côtés de l'étranglement, proportionnelle à l'intensité du courant i. En variant la longueur l de l'étrangle-

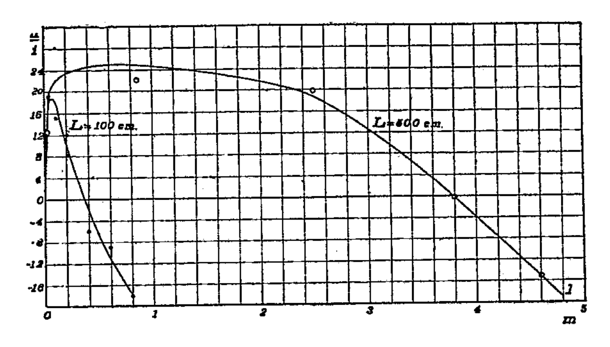
---

[1] Séance du 31 mai 1920.

[2] C. Benedicks, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 296.

ment cylindrique, de diamètre d, on trouve des valeurs $\frac{u}{i}$ qui sont une fonction linéaire de l. Les droites ainsi obtenues pour différents d s'entre-croisent sur l'axe $l = 0$, ce qui indique qu'*une différence de température proportionnelle à i se forme le long d'un conducteur à section constante.*

2. Soit, à titre d'exemple, un fil de constantan homogène ($d_0 = 1^{mm},0$) de longueur $L = 500^{cm}$; pour faciliter une température primaire constante, le fil est recourbé en U. On mesure par un thermo-élément relié à un galvanomètre sensible, les valeurs que prend successivement $\frac{u}{i}$ en deux points, dont la double distance du centre est l. Les courbes qu'on obtient sont très caractéristiques (voir figure; courbe $L = 500^{cm}$). Dans la proximité des bouts



($l = L$) on obtient des valeurs $\frac{u}{i}$ qui, évidemment, sont dues à l'effet Peltier dans la surface de contact constantan-cuivre (connexions). S'il n'y avait d'autre effet électrothermique, ces valeurs s'évanouiraient asymtotiquement lorsque les points observés s'approchent du milieu. Il n'en est rien : les $\frac{u}{i}$ passent rapidement par un point d'inversion ($u = 0$) et par un maximum, et donnent enfin une droite passant par l'origine. Un fil de longueur $L = 100^{cm}$ donne une courbe analogue (voir figure). *La partie centrale de ces courbes, c'est-à-dire la droite passant par l'origine*, qui est à l'abri de l'effet Peltier des bouts, *correspond à l'effet électrothermique dans un conducteur homogène à section constante.*

L'allure de ces courbes est la même pour des fils de maillechort et d'acier; seule, la forme des maxima diffère un peu. En se servant d'un tube U rempli de *mercure liquide :* on obtient des valeurs $\frac{u}{i}$ considérables.

On pourrait soupçonner que l'effet observé dans la partie centrale serait dû, partiel-

lement du moins, à un effet Thomson spontané. Il n'en est rien : la direction observée est contraire à celle que produirait un effet Thomson occasionné par la chaleur Joule; le nouvel effet est proportionnel à i, l'effet Thomson spontané à i^3.

Par conséquent, la conclusion, quoique paradoxale, a été vérifiée.

3. Il s'ensuit que dans la figure 3 de la Note citée, donnant $k_1 = \frac{u}{i}$ pour des valeurs d variables, une retouche est nécessaire. J'y avais supposé *a priori* que pour $\frac{d}{d_0} = 1$ aucun effet ne serait à observer. Cependant, en examinant le même fil sans étranglement, on a trouvé, avec la même distance entre les soudures de thermo-élément (3^{mm}), une valeur $\frac{u}{i} = 1,1$. Cela simplifie considérablement l'expression analytique des courbes; on obtient maintenant la formule empirique $\frac{u}{i} = \frac{\alpha}{S}$, où $S = \pi\frac{d^2}{4}$ et $\alpha =$ const. On a, par conséquent $u = \alpha\frac{i}{S}$, c'est-à-dire que l'effet thermique u est proportionnel à la densité de courant $\frac{i}{S}$.

4. Comme on a encore trouvé, pour la partie centrale du fil, ainsi que, antérieurement, pour la portion étranglée, que $\frac{u}{i}$ est proportionnel à la longueur l, on a

$$u = \text{const. } 1 \cdot \frac{il}{S}.$$

En désignant par V la différence de potentiel entre les deux points dont la distance est l, on a

$$V = \text{const. } 2 \cdot \frac{il}{S},$$

et, par conséquent,

$$u = \text{const.} V.$$

Pour un métal donné, *la différence de température u est proportionnelle à la différence de potentiel* V, *occasionnée par le courant électrique.*

On pourrait se demander, si des différences u pourraient résulter d'une différence de potentiel V *statique*, par exemple, entre les bouts libres de deux fils de constantan qu'on relie aux pôles d'un accumulateur. En faisant l'expérience, on trouve strictement $u = 0$, résultat qui pouvait être prévu selon le principe d'énergie.

5. D'après ce qui précède, nous savons que le courant électrique, en passant par un conducteur à section constante, cause un transport de *chaleur*, comme l'a supposé Kohlrausch (¹). Il n'est cependant pas possible

(¹) F. Kohlrausch, *Pogg. Ann.*, t. 156, 1875, p. 601.

d'admettre, comme le faisait ce savant, qu'il y ait en tout point du conducteur proportionnalité entre la quantité d'électricité et la quantité de chaleur transportées. Si tel était le cas, aucun changement de température ne serait à observer au milieu d'un conducteur homogène. Il sera donc nécessaire d'admettre que la quantité de chaleur transportée par le courant électrique en traversant un long conducteur n'est pas constante.

La quantité de chaleur doit nécessairement croître, ou décroître, lorsqu'on procède dans la direction du courant.

La plus grande partie des déterminations sur lesquelles repose cette Note a été exécutée, sous ma direction, par mon assistant, M. Ragnar Strömberg, Fil. Lic.

CHIMIE PHYSIQUE. — *De la variance et des moyens d'en présumer la valeur sans l'aide d'aucune formule.* Note de M. C. **Raveau.**

Chez la plupart des auteurs, le mot et la notion de variance n'apparaissent qu'au moment où il s'agit de donner un nom à une expression qu'on vient de calculer. Cependant à toute époque on a posé et résolu le problème suivant :

Un expérimentateur vient d'édifier un système par l'union de masses déterminées m de certains corps, à la température t et sous la pression p. Il porte son attention non sur la masse des différentes parties du système, mais sur leur *phase*, c'est-à-dire leur composition et leur état actuel ([1]). Il se proposera naturellement de changer quelque chose à ces phases : 1° en imposant au système une variation de volume dv à t constant ou en lui fournissant une quantité de chaleur dQ à p constant; 2° en édifiant une famille d'autres systèmes avec des masses $m + dm$. Le nombre de changements indépendants que peuvent subir les phases est la variance.

On peut encore dire que la variance est le nombre de moyens indépendants dont dispose l'expérimentateur pour provoquer des changements de phase à partir d'un état donné d'un certain système.

Pour avoir le droit de parler de variance, il faut admettre qu'une certaine *condition de similitude* est satisfaite. Il faut admettre qu'avec des masses $m + dm$ exactement proportionnelles aux m, on sache édifier un système semblable au premier et qui n'en diffère que par la masse des

([1]) Des deux sens que Gibbs lui-même a donnés au mot *phase*, je ne retiens que celui-ci. Au lieu de phases coexistantes, je dis : parties d'un système.

diverses parties. Le raisonnement permet seulement de *présumer* une valeur de la variance. Si la condition de similitude n'est pas satisfaite, il n'y a pas de variance.

Si la condition de similitude est satisfaite et si les n corps *mis en œuvre* sont chimiquement indépendants, c'est-à-dire s'il n'existe entre leurs formules chimiques aucune équation représentative de réaction qui s'accomplisse au cours de l'édification du système, si en outre les variations dv, dQ entraînent 2 changements dp, dt, alors la variance est au plus égale à $n - 1 + 2$.

Pour les systèmes homogènes, sous le bénéfice de la condition de similitude, la variance est *évidemment* $n + 1$ (Gibbs), sans qu'on ait à s'occuper de la composition vraie du système.

Etudions quelques systèmes hétérogènes. Si le nombre des corps mis en œuvre est 2, la variance est au plus $1 + 2$. Elle atteint cette valeur si une augmentation de la quantité d'un des deux corps entraîne nécessairement un changement de composition des parties du système. Soit la décomposition par l'eau de sels tels que $BiCl^3$ ou SO^4Hg. L'addition d'une nouvelle quantité de sel entraîne la précipitation d'un composé différent et par suite, de toute nécessité, un changement de composition de la solution. Il n'en faut pas plus pour présumer que la variance est $1 + 2$. Ajoutons que la condition de similitude exige qu'une certaine addition d'eau, suivant celle du sel, ramène la solution à sa composition primitive, ce qui implique la réversibilité de la décomposition. Ainsi le cas précédent embrasse ceux où l'on mettrait en œuvre trois quelconques des corps qui prennent part à la réaction.

La variance tombe à $0 + 2$ si une variation de la proportion des 2 corps mis en œuvre n'entraîne pas de changements de composition. Exemples : 1° solution saturée en présence d'un excès du corps dissous; la masse de cet excès n'influe pas sur l'équilibre; 2° solution saturée d'un hydrate, préparée à partir du sel anhydre; l'addition de sel et d'eau, dans le rapport où ils forment l'hydrate, fait seulement varier la masse du solide; 3° mélange double d'eau et d'éther; l'addition de masses des deux liquides, dans le rapport où elles forment l'une des couches, ne modifie pas l'équilibre [1];

---

[1] Rappelons de quelle façon ce système peut recevoir des quantités quelconques des deux liquides sans changement de phases. Si l'on ajoute d'abord de l'eau, on peut imaginer qu'elle passe tout entière dans la couche la plus riche en eau et qu'une partie de l'autre couche vienne l'y rejoindre pour y rétablir le titre initial : on

4° décomposition de la vapeur d'eau par un métal; l'équilibre une fois établi n'est pas troublé par une variation quelconque de la masse du métal inaltéré.

Supposons que la mise en œuvre de 3 corps, deux sels anhydres et eau, aboutisse à une solution saturée en présence d'un sel double hydraté. Dans la dissolution nous pouvons distinguer par la pensée d'abord une quantité d'hydrate comprenant la totalité de l'un des sels, puis un excès de l'autre sel S et enfin de l'eau. Ajoutons des masses quelconques des trois corps. Nous pourrons les répartir, par la pensée, de la même manière. Si, dans les deux répartitions, la proportion du sel S à l'eau libre est la même, les corps ajoutés pourront évidemment se distribuer dans le système sans troubler l'équilibre. S'il en est autrement, un changement de composition du liquide est mathématiquement nécessaire. Ce changement étant lié à la valeur d'un seul rapport, la variance est 1 + 2. Il en est de même pour les cas des expériences d'Emile Duclaux sur deux couches formées de trois liquides.

Le cas des systèmes univariants soulève également *une question de distribution de matière*. Pour présumer l'univariance, il faut avant tout pouvoir imaginer que la matière de certaines parties du système se distribue entre les autres sans changer leur composition.

Exemples : 1° solution saturée en présence de la vapeur du dissolvant et d'un excès du corps dissous ; 2° mélange double eau-éther surmonté de la vapeur mixte ; une fraction de cette vapeur peut passer à l'état liquide sans changement de composition des deux couches ; 3° solution saturée en présence de sulfate neutre de mercure, de sous-sulfate et de vapeur d'eau ; la composition du liquide s'exprime certainement, sans qu'on ait à faire aucune analyse, en fonction de ces trois derniers corps. *Il y a une équation entre les formules chimiques des parties du système.* C'est là évidemment la condition générale indispensable.

Cette condition préalable est satisfaite dans les cas de dissociation, lorsque les corps en présence (par exemple CuO, Cu^2O, O^2) constituent des parties nettement distinctes du système, parties dont la masse puisse varier arbitrairement sans troubler l'équilibre.

---

raisonnera de façon analogue pour l'éther. Mais il ne faut pas oublier que la simple remarque faite plus haut suffit parfaitement à supporter la conclusion. On doit aussi noter, ne fût-ce qu'à titre mnémonique, que ce cas est l'analogue exact de celui de la solution saturée d'hydrate, pour lequel la variance est évidente. La composition définie de l'hydrate ne détruit pas le parallélisme, puisqu'on ne considère que des couches de composition bien déterminée à p et t donnés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La viscosité des solutions colloïdales.* Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. Haller.

La viscosité des liquides tenant en suspension des matières solides peut être calculée par la formule théorique de M. Einstein :

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\, v),$$

dans laquelle η et η_0 représentent respectivement la viscosité de la suspension et celle du milieu pur, et v le volume de matière dispersée dans l'unité de volume total.

L'expérience a montré que cette formule est applicable lorsque la substance dispersée n'absorbe pas le liquide du milieu, c'est-à-dire lorsque le volume v de matière est bien le volume réel des granules. Au contraire, elle n'est pas applicable aux colloïdes dits *hydrophiles* qui absorbent des quantités souvent considérables de liquide.

Je me suis proposé, au lieu d'appliquer cette formule à la prédétermination des viscosités, d'utiliser les mesures de viscosité pour calculer le gonflement du colloïde de la suspension. On peut tirer des résultats obtenus ainsi quelques renseignements sur la constitution de ces suspensions.

Si l'unité de volume du colloïde sec est gonflé par un volume a de liquide, on aura

$$v = v_0(1 + a)$$

et la formule d'Einstein s'écrira alors

$$\eta = \eta_0[1 + 2,5\, v_0(1 + a)],$$

d'où, η étant exprimé en prenant η_0 pour unité, on tire

$$a = \frac{\eta - 1 - 2,5\, v_0}{2,5\, v_0}.$$

Le coefficient de gonflement a peut être ainsi calculé quand on connaît la concentration v_0 de la liqueur et sa viscosité η par rapport à celle du milieu pur. Elle n'est évidemment utilisable d'une façon correcte que pour des concentrations faibles, où le volume réel v des granules est petit par rapport à l'unité.

Le calcul de a, pour les solutions colloïdales de corps tels que la gélatine, le bleu de nuit et la benzopurpurine dans l'eau, le caoutchouc dans le

benzène, la nitrocellulose dans l'acétone, montre uniformément que le coefficient de gonflement de ces corps en suspension diminue, d'une part, avec l'âge de la suspension jusqu'à une certaine valeur limite et, d'autre part, avec le degré de dilution.

Pour toutes ces suspensions, sauf la gélatine, le gonflement tend vers zéro pour la dilution infinie. Ce résultat curieux peut s'expliquer par le fait que ces corps, toujours fortement polymérisés à l'état solide, se dispersent en granules d'autant plus petits que la liqueur est moins concentrée et tendent vers l'état moléculaire simple à la limite où la concentration est nulle. Le pouvoir absorbant des colloïdes pour les liquides étant lié à l'état de polymérisation qui accompagne toujours l'état colloïdal, il est naturel que la dépolymérisation entraîne la diminution du gonflement des granules.

Le cas de la gélatine est plus complexe, car, à l'inverse des autres colloïdes mentionnés plus haut, elle n'est pas peptonisée par l'eau seule à la température ordinaire, mais simplement gonflée et transformée en gelée. Si l'on fait une suspension de cette gelée, par un moyen quelconque, les granules seront constitués par la gelée et seront capables de s'agglomérer ensemble pour former des granules plus gros, mais ne pourront jamais se subdiviser en granules plus petits, tant que la température ne sera pas plus élevée.

C'est, en effet, ce que montre le calcul du gonflement d'après les déterminations de la viscosité des solutions de gélatine de concentrations diverses. La courbe des valeurs de a en fonction de la concentration, au lieu de passer par zéro, comme pour les autres colloïdes cités, tend vers une valeur finie pour la concentration nulle.

On sait que la gélatine traitée à chaud par l'eau se dédouble en deux produits α et β qui diffèrent l'un de l'autre par leur facilité plus ou moins grande à coaguler sous des influences diverses. D'après les mesures de viscosité faite par M. S. Lévitès sur ces corps, on peut calculer la valeur du gonflement qu'ils ont dans les suspensions; on trouve, pour la gélatine α, que a a une valeur voisine de 14 pour les solutions les plus diluées (à 35°) et augmente avec la concentration. La gélatine β en suspension se comporte d'une façon tout à fait différente en gardant, quelle que soit la concentration, une valeur constante de a égale à 7,5 environ.

Il en résulte que la gélatine β paraît être un produit de dépolymérisation de la gélatine qui contient une quantité d'eau d'absorption ou de combinaison constante à la température de 35°.

En résumé, je crois que l'étude des gonflements des colloïdes en suspension est possible à faire par l'analyse des mesures de viscosité des solutions colloïdales suffisamment diluées et que des renseignements intéressants peuvent être obtenus par cette voie. De cette première étude, on peut tirer la conclusion suivante :

Les colloïdes qui entrent en suspension dans le milieu choisi sans le concours d'aucun agent extérieur fournissent des liquides où le colloïde se

dégonfle progressivement avec le temps jusqu'à un degré qui dépend de la concentration et de la température. Le dégonflement s'accentue avec la dilution et tend vers zéro pour la concentration nulle.

Ce résultat paraît d'accord avec les observations ultramicroscopiques qui montrent la grosseur des granules augmentant avec la concentration et confirme que cette augmentation se fait par polymérisation de la matière avec accroissement des propriétés colloïdales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le chlorure de brome; sa combinaison avec l'éthylène.* Note de MM. **Marcel Delépine** et **Lucien Ville**, présentée par M. A. Haller.

On sait, par les travaux de Maxwell Simpson et de James, que l'on prépare le chlorobromure d'éthylène en dirigeant de l'éthylène dans une solution chlorhydrique de chlorure de brome, obtenue en faisant absorber du chlore par du brome placé sous une couche d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau. Nous avons répété cette expérience et obtenu sans difficulté le chlorobrome $ClCH^2.CH^2Br$ dont, comme James, nous avons vérifié la constitution en le transformant en chlorosulfocyanate $ClCH^2.CH^2SCN$, par action des sulfocyanates alcalins.

Il y a donc, sans conteste, formation de chlorobromure, d'après la réaction

$$CH^2:CH^2 + ClBr = ClCH^2.CH^2Br.$$

Il est intéressant d'insister sur ce résultat, en ce sens que les recherches de Simpson et de James ont été exécutées à une époque (1878 et 1883) où l'on croyait encore au chlorure de brome. Or, depuis, les recherches physico-chimiques très minutieuses de M. Lebeau [1] et celles de M. Barta J. Karsten [2] n'ont pu démontrer l'existence de ce corps, à ce point qu'Abel [3], dans le *Traité de Chimie minérale* d'Abegg et Auerbach, conclut qu'il est à rayer du nombre des combinaisons chimiques : ce ne serait, en toutes circonstances, qu'un mélange en proportions quelconques de chlore et de brome, auquel une pression et une température données peuvent seules imposer la composition fortuite ClBr. Il n'en est donc que

(1) P. Lebeau, *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, t. 9, 1906, p. 475.
(2) Barta J. Karsten, *Zeistch. f. anorg. Chem.*, t. 53, 1907, p. 315.
(3) *Handb. der anorg. Chem.*, t. 4 (II), p. 296.

plus curieux que l'on puisse se servir d'un corps dont l'existence est niée aussi catégoriquement par la physico-chimie.

Toutefois, comme les conditions spéciales de préparation du chlorure de brome indiquées plus haut pourraient être particulièrement favorables à la réaction cherchée, nous avons entrepris quelques autres expériences sans eau ni acide.

Nous avons vérifié que le chlorure de brome sec se combine à l'éthylène sec en donnant principalement du chlorobromure. Comme au bout de peu de temps, le système équivaut à une solution de chlorure de brome dans le chlorobromure, nous avons alors, en vue de l'obtention de quantités notables de ce dernier, préparé une solution, facile à faire à 0°, contenant : chlorobromure brut (d'une opération antérieure), 100^g; brome, 69^g,3; chlore, 30^g,7. On décolore ensuite ce mélange par l'éthylène; on peut alors se servir du nouveau produit pour en doubler le poids par addition de brome et de chlore, etc.

On obtient ainsi un liquide brut dont la densité est toujours très voisine de 1,800, alors que celles de $C^2H^4Cl^2$, C^2H^4ClBr, $C^2H^4Br^2$ sont respectivement (à 18°) de 1,255; 1,755; 2,174. La première rectification de ce liquide fournit un centième seulement au-dessous de 100° (Eb. $C^2H^4Cl^2 = 83°,5$); 97 centièmes entre 100° et 120° (Eb. $C^2H^4ClBr = 106°-107°$); et le reste au-dessus (Eb. $C^2H^4Br^2 = 131°$). Le fractionnement méthodique de la portion 100°-120° l'étale entre 100° et 133°, mais 70 pour 100 passent entre 104° et 107°; c'est dire qu'elle contient beaucoup de chlorobromure; d'ailleurs, les portions antérieures et postérieures voisines en contiennent notablement aussi, comme l'atteste leur transformation en chlorosulfocyanate.

Les résultats précédents démontrent que le chlorure de brome, inexistant pour les physico-chimistes, entre en réaction avec l'éthylène, comme les corps les mieux définis. Il y a même plus; si l'on fait l'hypothèse que c'est un corps en dissociation si avancée qu'elle échappe aux investigations physiques, il faut admettre que la petite fraction qui en subsiste se combine bien plus rapidement à l'éthylène que les composants, chlore et brome, puisque ceux-ci, supposés prédominants, ne se combinent cependant qu'en proportions assez minimes. Ceci reviendrait à dire que le chlorure de brome aurait même des affinités très développées.

La supposition, que l'éthylène se combinerait d'abord au brome et que le chlore chasserait partiellement le brome du bromure d'éthylène formé, ne saurait être envisagée. Cette réaction n'a pas lieu; elle conduit seulement,

et lentement, à des produits de substitution comparables à ceux que l'on trouve dans les queues de distillation du chlorobromure brut.

Cette étude conduit donc à la conclusion qu'il est des cas très rares, certes, mais possibles, dans lesquels les données physico-chimiques ne suffisent pas pour décréter l'inexistence d'une combinaison.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cas d'isomérie dans la série des α-cétoacides aromatiques.* Note (¹) de MM. **H. Gault** et **R. Weick**, présentée par M. Haller.

Dans le but d'étendre à la série aromatique les recherches poursuivies depuis quelques années par l'un de nous (²) sur les α-cétoacides acycliques, nous avons été amenés à étudier la préparation et les propriétés d'un certain nombre de dérivés de l'acide phénylpyruvique.

L'étude de l'éther éthylique $C^6H^5.CH^2.CO.COOC^2H^5$ nous a, en particulier, fourni des résultats dont l'exposé forme l'objet de cette Note.

L'éther phénylpyruvique a été obtenu pour la première fois par M. Bougault (³), puis par Mlle Hemmerlé (⁴) : il cristallise en aiguilles incolores pour lesquelles Mlle Hemmerlé indique le point de fusion de 45°, alors que nos déterminations personnelles effectuées sur un éther recristallisé dans l'éther de pétrole nous donnent le point de fusion de 51°-52°.

Pour des raisons diverses, nous avons renoncé à l'emploi des méthodes, toutes deux indirectes, préconisées par ces deux auteurs, et nous avons préparé l'éther phénylpyruvique par hydrolyse directe de l'éther phénylcyanopyruvique en milieu alcoolique, en le chauffant à 140° pendant 1 heure avec une molécule d'acide sulfurique en présence d'un excès d'alcool éthylique. Après traitement approprié et en particulier épuisements avec une solution de carbonate de soude, on obtient l'éther phénylpyruvique brut sous forme d'une huile brun rouge.

Soumis à la distillation fractionnée, l'éther phénylpyruvique brut distille sans décomposition à 148°-149° sous 15^mm. Le distillat est un éther phénylpyruvique liquide, essentiellement différent, par suite, de l'éther solide de M. Bougault.

(¹) Séance du 31 mai 1920.

(²) *Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 107; t. 154, 1912, p. 439; t. 157, 1913, p. 135; t. 158, 1914, p. 632, 711; t. 159, p. 72, 256.

(³) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1424; t. 160, 1915, p. 100; t. 162, 1916, p. 758.

(⁴) *Thèse*, 1917.

L'éther phénylpyruvique n'est pas le seul produit qui se forme dans la réaction : la solution carbonatée provenant des lavages de l'éther brut, abandonne, par traitement ultérieur aux acides, un produit jaune cristallisé qui n'est pas autre chose que l'imide phénylhydroxymaléique :

$$\begin{array}{c} C_6H_5-C=C-OH \\ CO \quad CO \\ NH \end{array}$$

Cette imide soumise au même traitement que l'éther phénylcyanopyruvique se transforme à son tour, dans des conditions expérimentales identiques, en éther phénylpyruvique.

L'imide phénylhydroxymaléique (III) est un produit d'hydrolyse normal [1] de l'éther phénylcyanopyruvique (I); elle prend également naissance, d'après nos recherches personnelles, par cyclisation à 150° de l'amide-éther oxalacétique (II), premier produit de cette hydrolyse; nous sommes ainsi amenés à conclure que le mécanisme de formation de l'éther phénylpyruvique (IV) est le suivant :

$$\begin{array}{c} C^6H^5-CH-CO \\ C\equiv N \quad COOC^2H \\ \text{(I).} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} C^6H^5-CH-CO \\ CO \quad COOC^2H^5 \\ NH^2 \\ \text{(II).} \end{array}$$

$$\rightarrow \begin{array}{c} C^6H^5-CH-CO \\ CO \quad CO \\ NH \\ \text{(III).} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} C^6H^5-CH^2-CO \\ +CO^2 \quad COOC^2H^5 \\ NH^3 \\ \text{(IV).} \end{array}$$

Dans les conditions expérimentales que nous venons d'indiquer, le rendement calculé à partir de l'éther phénylcyanopyruvique, en tenant compte de l'imide récupérée, atteint 60-65 pour 100.

L'éther phénylpyruvique liquide jouit de toutes les propriétés de l'éther solide. Il colore le perchlorure de fer en vert foncé, il fournit une combinaison bisulfitique, une semicarbazone, une phénylhydrazone *identiques* à celles obtenues à partir de l'éther solide.

Par contre, maintenu à basse température, il demeure liquide, même

(1) Bougault, *Journ. Ch. et Ph.*, 7e série, t. 10, p. 297.

après amorçage avec l'éther solide. D'autre part, il est notablement plus stable que l'éther décrit par M[lle] Hemmerlé et ne commence à s'oxyder à l'air qu'au bout de quelques jours.

Ces résultats nous conduisent à admettre l'existence de deux éthers phénylpyruviques isomères : l'un, solide (éther α); l'autre, liquide (éther β), jouissant d'un certain nombre de propriétés chimiques identiques. L'éther distillé peut être soit l'éther β pur, soit une solution de traces d'éther α dans l'éther β.

Si au lieu d'essayer de faire cristalliser l'éther *distillé*, on amorce l'éther phénylpyruvique *brut*, préalablement refroidi à -15°, avec une trace de l'éther α, il se produit une cristallisation partielle rapide. Le liquide se prend en une bouillie cristalline qui, par essorage ultérieur à -15°, fournit en proportions assez constantes un produit solide et un produit liquide, cette fois incristallisable.

Le produit solide (F. 51°-52°) n'est pas autre chose que l'éther α; le produit liquide ($E_{15} = 149^\circ$) est soit l'éther β pur, soit un mélange d'éther β et de quantités indécelables d'éther α.

On tire immédiatement de ces faits la conclusion suivante : *l'éther solide α s'isomérise en éther liquide β par simple distillation*. Nous avons effectivement vérifié que l'éther α, fondu et distillé suffisamment lentement (1 goutte à la seconde), fournit un distillat liquide, identique dans toutes ses propriétés à l'éther β. Distillé rapidement, au contraire, l'éther α passe partiellement inaltéré à la même température de distillation.

Cette isomérisation ne s'effectue avec de bons rendements que lorsque l'éther solide passe par la phase vapeur : la transformation est en effet notablement plus lente et moins complète lorsque l'on se contente de maintenir l'éther α à la température de 150° à la pression ordinaire.

Nous nous sommes demandé si la formation simultanée de ces deux éthers isomères ne pouvait être attribuée à la méthode même de préparation employée. Dans le but de le vérifier, nous avons repris les recherches de M[lle] Hemmerlé et nous avons abouti aux conclusions suivantes : l'éther phénylpyruvique obtenu par éthérification directe de l'acide est lui-même un mélange de deux éthers isomères, l'un solide, l'éther α instable, l'autre liquide, l'éther β sensiblement plus stable au contraire. On peut séparer facilement ces deux modifications par simple essorage à -15°. Toutes deux distillent, sans portion intermédiaire ni résidu appréciables, à 149° sous 15^{mm}, en fournissant uniquement la modification liquide.

La coexistence de deux éthers isomères dans les produits bruts des

diverses réactions qui donnent naissance à l'éther phénylpyruvique est ainsi démontrée.

Au cours de ces recherches, nous sommes parvenu à isoler une troisième forme isomérique de l'éther phénylpyruvique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches relatives à l'action de l'acide cyanhydrique sur le glucose.* Note [1] de MM. **J. Bougault** et **J. Perrier**, présentée par M. Em. Bourquelot.

Dans une Note récente [2], nous avons montré que le cyanure de potassium et le glucose réagissent suivant le mode bimoléculaire. Dans les conditions expérimentales choisies pour cette vérification (molécules égales des deux corps), la réaction est lente et sans application pratique; mais on peut la rendre beaucoup plus rapide en employant un excès de l'un des deux facteurs; et alors deux cas se présentent, suivant que le composé employé en excès est le glucose ou le cyanure.

1° *Excès de cyanure, combinaison intégrale du glucose.* — A. Étant données la facilité et la précision avec lesquelles on peut titrer les solutions de cyanures alcalins, on peut envisager la possibilité de doser le glucose (et les autres sucres réducteurs agissant de même), en ajoutant, à la solution de glucose à titrer, un excès de cyanure et, après achèvement de la réaction, titrant le cyanure non combiné.

Les essais que nous avons faits dans cette direction nous ont montré que ce dosage est pratiquement possible, à condition d'observer les précautions suivantes : *a.* employer au moins 3^{mol} de cyanure pour 1^{mol} de glucose; *b.* n'effectuer le titrage qu'après au moins 2 jours de contact si la température est de 20°; après 3 jours si la température est de 15°. Il n'y a pas d'inconvénient notable à prolonger de 1 ou 2 jours la durée de contact; on évite ainsi le danger d'un dosage prématuré.

Voici, à titre d'exemple, quelques résultats obtenus avec le galactose, qui se comporte tout à fait comme le glucose :

On a dissous sous un volume total de 100^{cm^3}, $0^g,998$ de galactose et $0^g,990$ de cyanure de potassium ($t = 20°$).

---

(1) Séance du 3 mai 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1186.

	Trouvé.
	g
Titrage après 2 jours	0,999
» » 5 »	0,999
» » 12 »	1,011

Les limites de temps fixées plus haut conviennent pour une teneur moyenne de 1 pour 100 en sucre réducteur; quand la concentration diminue, la vitesse de réaction diminue également, ce qui complique l'application de la méthode. D'ailleurs nous ne la présentons pas comme supérieure aux procédés connus : liqueur cupro-potassique sous ses diverses formes d'emploi; iode et carbonate de sodium (1). Mais il convient de faire remarquer que, tandis que les anciens procédés utilisent tous une réaction d'oxydation, il est fait appel ici à une réaction moins générale et par suite plus spécifique.

B. L'application au dosage du glucose de la réaction que nous étudions peut revêtir une autre forme; elle peut faire intervenir la variation de pouvoir rotatoire qui résulte de la transformation du glucose en glucoheptonate.

Les deux glucoheptonates isomères α et β, qui prennent naissance, ont un pouvoir rotatoire très faible. Nous ne l'avons pas déterminé pour chacun d'eux, mais seulement celui de leur mélange, tel qu'il résulte de la réaction, et nous avons trouvé $\alpha_D = +1°,87$. Ceci revient à dire que tout se passe comme si le pouvoir rotatoire du glucose tombait, sous l'action du cyanure, de $+53°$ à $+1°,87$.

Dès lors on comprend, sans qu'il soit nécessaire d'insister, le parti qu'on en peut tirer pour le dosage du glucose mélangé à d'autres corps actifs sur la lumière polarisée, mais ne réagissant pas sur le cyanure (saccharose, glucosides, etc.). La seule précaution à prendre est d'employer un excès de cyanure, qui peut être très grand sans inconvénient, et de s'assurer par des examens polarimétriques, à des intervalles convenables, que la réaction a atteint sa limite. Il est clair que ce résultat est obtenu d'autant plus rapidement que l'excès de cyanure est plus considérable.

2° *Excès de glucose, combinaison intégrale du cyanure.* — Pour donner une idée de la vitesse de combinaison du cyanure en présence d'un excès de glucose, nous rapportons l'expérience suivante :

A 6^g de miel dissous dans 12^{cm^3} d'eau, nous avons ajouté $0^g,25$ de cyanure

(1) J. Bougault, *Journal de Pharmacie et Chimie*, 7e série, t. 16, 1917, p. 97.

de potassium. Après 10 heures à la température moyenne de 20°, le dosage indiquait que tout le cyanure était combiné. (Il importe de noter que le lévulose concourt, au même titre que le glucose, au résultat cherché).

Il suit de là que le mélange, éminemment toxique au moment de sa préparation (d'après les auteurs, $0^g,30$ de cyanure suffisent pour tuer un homme) était devenu complètement inoffensif au bout de 10 heures.

Néanmoins il était intéressant de contrôler les conclusions chimiques par un essai physiologique. Pour le rendre plus frappant, nous avons opéré par comparaison, en prenant d'une part le miel, comme agent destructeur du cyanure, et, d'autre part, le saccharose, matière sucrée analogue au miel, mais sans action sensible sur le cyanure.

Les deux solutions suivantes ont été préparées :

M...	$0^g,25$	cyanure de potassium	S...	$0^g,25$	cyanure de potassium
	6	miel		4,50	saccharose
	6	eau		7,50	eau

on les a laissées en repos 14 heures, puis fait ingérer à deux cobayes adultes.

Le cobaye qui a reçu la solution S, l'a avalée à contre-cœur; il en a régurgité une partie. Malgré cela, il était mort avant d'avoir reçu la dose entière.

L'autre cobaye a avalé la solution M sans difficulté; il n'en a éprouvé aucun malaise et, deux mois après l'expérience, il est encore vivant au laboratoire.

Ces expériences comportent des conséquences évidentes au point de vue toxicologique. On devra tenir compte, dans la recherche de l'acide cyanhydrique, de la présence des sucres réducteurs dans le milieu en expérience. Dans ce cas, un résultat négatif ne prouvera pas que l'acide cyanhydrique n'était pas présent quelques heures, ou quelques jours plus tôt. On devra se souvenir alors que, dans la réaction du glucose sur l'acide cyanhydrique, il se forme une quantité d'ammoniaque équivalente, molécule à molécule, à l'acide cyanhydrique disparu. Le dosage de l'ammoniaque pourra donc donner une indication utile.

La neutralisation si nette des effets toxiques de l'acide cyanhydrique par le glucose, fait entrevoir la possibilité d'utiliser cette propriété pour combattre les intoxications dues à cet acide. Des expériences en cours nous renseigneront sur la valeur de l'antidote qui s'impose ainsi à notre attention.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'application des cirrus à la prévision du temps.* Note de M. **Gabriel Guilbert**, présentée par M. Bourgeois.

Nous avons l'honneur d'exposer à l'Académie les principes de prévision du temps que nous avons déduits de l'observation des cirrus.

1° En règle générale, *les cirrus viennent du centre de dépression : cirrus Nord, dépression au N; cirrus Sud, dépression au S.*

2° *La vitesse des cirrus est en relation directe avec l'importance du centre cyclonique : cirrus rapides, forte bourrasque; cirrus lents, faible dépression.*

3° De même que les cirrus annoncent un centre de dépression, encore invisible, peut-être même inexistant à l'heure de l'observation, la présence d'un centre cyclonique éloigné permet la prévision de la direction de futurs cirrus encore inobservés.

L'observation démontre en outre :

1° Que la direction initiale de la dépression est celle même des cirrus, mais que la trajectoire du centre cyclonique est indépendante de la direction des cirrus. Il peut y avoir coïncidence, mais il n'y a point de liaison nécessaire. Même observation pour la vitesse, parfois concomitante, des cirrus et de la dépression. En fait, des cirrus lents peuvent précéder une dépression rapide et inversement.

2° Que les cirrus font partie *intégrante* de l'ensemble de nuages que nous avons toujours désigné, depuis 1886, sous le nom de *succession nuageuse* et que la succession nuageuse, par définition, est indépendante de la dépression barométrique.

3° Que toute prévision du temps, par les cirrus, doit être *subordonnée* à l'examen de la situation barométrique, qui peut aisément rendre inopérante l'arrivée des cirrus et rejeter au large toute dépression.

Nous ne nous sommes point borné à énoncer ces principes : nous les avons utilisés, depuis quelque quarante ans, dans la pratique quotidienne de la prévision du temps, soit comme observateur isolé, soit sur les cartes isobariques.

Nous les avons publiés d'abord dans l'*Annuaire de la Société météorologique de France* (¹) : 6 avril et 2 novembre 1886, 1er février 1887, puis dans

(¹) *Annuaire de la Société météorologique de France*, avril-mai 1887, p. 162.

une Note présentée en 1890 à l'Académie des Sciences par M. Mascart avec prévisions authentiques à l'appui ([1]). Enfin, notamment, dans notre Ouvrage *Nouvelle méthode de prévision du temps*. Paris, 1909.

Dans cet Ouvrage, et comme exemple typique, nous avons reproduit la photographie d'une prévision par carte postale, en date du 24 septembre 1896 où, *par les cirrus seuls*, nous avions prévu une tempête que M. Angot devait déclarer « *complètement impossible à prévoir* » ([2]).

Egalement, d'après les cirrus seuls, *et leur vitesse*, nous avions fixé l'importance du centre à 730^{mm}, chiffre exactement vérifié le lendemain 25 septembre 1896.

Enfin, à l'heure actuelle, d'après la règle III de cette Note, nous prévoyons couramment, selon les cas, la future direction de cirrus encore inobservés.

Nous pensons donc pouvoir affirmer, sauf preuve contraire, que nous avons été *le premier* à utiliser l'observation des cirrus dans la prévision du temps et à découvrir leurs relations essentielles avec les dépressions barométriques.

Ces relations, longtemps négligées par les météorologistes, s'imposent aujourd'hui. Ainsi une Note présentée à l'Académie le 22 mars dernier par MM. Dunoyer et Reboul énonce des règles de prévision du temps basées sur les cirrus et utilise les résultats mêmes que nous avions obtenus dès 1880 et si souvent publiés par nous depuis 1886-1887.

Nous ne pouvons que remercier MM. Reboul et Dunoyer d'avoir procédé à une vérification expérimentale qui vient heureusement confirmer nos principes généraux sur les relations que nous avons découvertes entre l'apparition et la vitesse des cirrus, d'une part, et, de l'autre, l'arrivée et l'importance des dépressions barométriques ([3]).

BOTANIQUE. — *Sur des phénomènes de torsion comparables à l'enroulement des vrilles provoqués expérimentalement.* Note de M. **H. Ricome**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Sous l'effet du géotropisme ou du géotropisme combiné avec l'héliotropisme, il est possible d'obtenir expérimentalement, sur des tiges de Fève

([1]) *Comptes rendus*, t. 111, 1890, p. 127.

([2]) A. Angot, *Traité élémentaire de Météorologie*, p. 372.

([3]) Toutes nos Communications et Ouvrages météorologiques sont bien antérieurs au volume de sir Napier Shaw, *Forecasting Weather*, cité par MM. Dunoyer et Reboul.

par exemple, une torsion comparable à l'enroulement de la partie libre des vrilles. Il suffit d'immobiliser à ses deux extrémités une portion de la tige dans la région de croissance.

Le vase de terre, où s'est développée la plante, est incliné de façon à rendre la tige horizontale. Cette dernière est alors fixée par deux épingles traversant l'organe en deux points plus ou moins éloignés l'un de l'autre. La portion comprise entre les deux points immobilisés subit une torsion qui en 24 heures atteint et même dépasse 180°. Les deux extrémités étant fixes, il se produit un point de rebroussement, soit vers le milieu, soit ailleurs. Si, par exemple, il y a d'abord deux feuilles à droite et une intermédiaire à gauche, le déplacement amène la feuille médiane dans l'alignement des deux feuilles extrêmes. La tige ayant quatre angles ailés, il est facile de constater le sens de l'enroulement et le rebroussement. La torsion est accompagnée d'une inflexion en S, d'ailleurs irrégulière, inflexion due à l'allongement général de l'organe.

Le phénomène se produit aussi bien à l'obscurité qu'à la lumière. Comme le géotropisme se traduit par un allongement de la face inférieure avec raccourcissement de la face opposée, il y a sans doute lieu d'attribuer à l'excès d'allongement de la face inférieure la torsion constatée.

Les feuilles n'interviennent pas dans la réaction. La torsion se manifeste même quand la région soumise à l'expérience est une portion d'entre-nœud, sans feuille par conséquent. Elle est alors plus évidente encore, parce qu'elle ne porte que sur une longueur de 10^{cm} à 15^{cm} et que le pas de l'hélice se trouve surbaissé.

Le phénomène se produit sur un fragment de tige détaché du pied mère, et avec la même intensité.

La transpiration ne joue aucun rôle puisqu'on obtient le même résultat quand la tige, intacte ou détachée, est immergée de façon que les feuilles elles-mêmes soient totalement plongées dans l'eau.

Il s'agit d'une réaction géotropique, indépendante de l'éclairement puisqu'elle se produit à l'obscurité. Mais à la lumière, l'héliotropisme agit dans le même sens que le géotropisme, l'organe se trouvant éclairé par sa face supérieure.

Lorsqu'on libère la tige, la torsion tend à disparaître dans la région encore en voie de croissance.

On sait que la partie libre des vrilles s'enroule en se rebroussant en un ou plusieurs points. On a émis l'idée que l'irritabilité au contact de la portion fixatrice se transmet de proche en proche à la région basilaire libre

et en provoque l'enroulement. N'y a-t-il pas là plutôt une action directe de la pesanteur, action à laquelle se superpose l'influence de la lumière? L'enroulement est ici, il est vrai, bien plus accentué que dans le cas décrit; mais la structure bifaciale doit exagérer singulièrement l'inégalité de croissance des diverses faces de la vrille.

BOTANIQUE. — *Les différents aspects de la symbiose lichénique chez le* Ricasolia herbacea *DN. et le* Ricasolia amplissima *Leight.* Note (¹) de M. Fernand Moreau, présentée par M. P.-A. Dangeard.

A côté de la forme ordinaire de la symbiose, en apparence au moins harmonieuse, réalisée dans le thalle banal des lichens, les *Ricasolia*, lichens de la famille des Stictacées, nous en ont offert plusieurs autres, souvent désharmonieuses, et qu'il est utile de connaître pour bien apprécier les rapports que contractent les algues et les champignons engagés dans la première.

Chez le *Ricasolia herbacea* DN., quand les algues Cyanophycées viennent au contact de la face inférieure du lichen, il arrive qu'elles déterminent un réveil de l'activité du champignon, dont les cellules se développent, formant avec les algues, qui se sont elles-mêmes multipliées, des tubercules qui font saillie à la face inférieure du lichen; chacun d'eux, limité par un plectenchyme enveloppant un complexe d'hyphes et d'algues entremêlés, constitue une céphalodie externe.

Souvent, la réaction du champignon est différente; il ne reste à la face inférieure du thalle qu'une protubérance légère et les algues sont passivement entraînées par les hyphes au sein de la médulle.

Elles s'y développent parfois beaucoup, constituant des colonies lobées, que des hyphes pénètrent, circulant entre les algues, alors que d'autres, enserrant étroitement les lobes, épousent leurs contours; le tout constitue un complexe algo-fongique immergé dans la médulle, une céphalodie interne (*fig.* 1).

Fréquemment, les algues Cyanophycées ne sont pas tolérées par les hyphes; une lutte s'engage entre les deux composants du complexe, elle se termine souvent par la dégénérescence et la mort de l'algue (*fig.* 2); quelques algues, puis toutes les algues d'un même lobe subissent ces phéno-

(¹) Séance du 31 mai 1920.

mènes, puis la mort atteint, de proche en proche, les algues de la céphalodie toute entière.

Ces mêmes phénomènes se retrouvent dans la céphalodie externe.

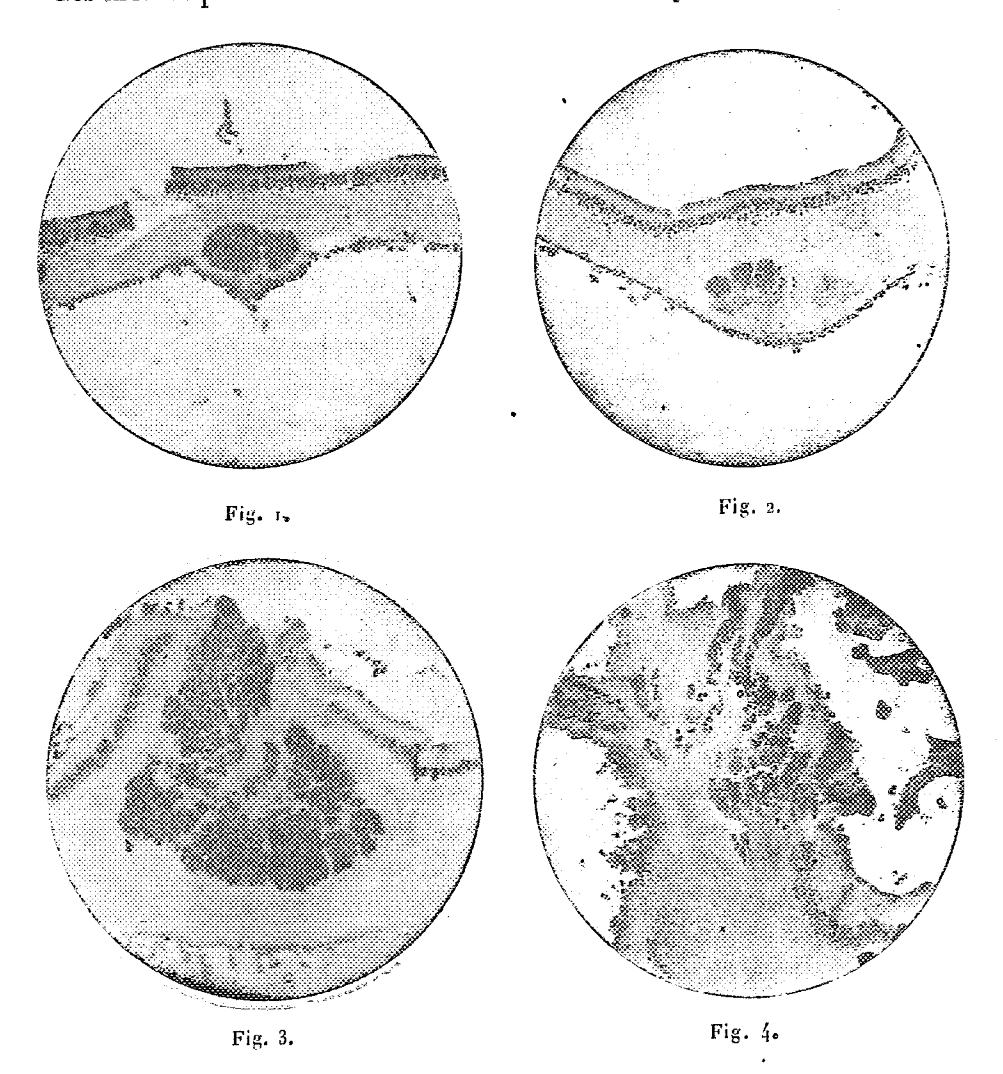


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 3. Fig. 4.

Les céphalodies du *Ricasolia herbacea* nous offrent donc une seconde forme de la symbiose qui s'oppose à la première, offerte par le thalle ordinaire, par les caractères suivants : dans le thalle, la symbiose est étendue, durable, et paraît pour le champignon nécessaire; dans les céphalodies, la symbiose est limitée; elle est souvent éphémère par suite de la mort des algues; enfin, bien que fréquente, elle est accidentelle et facultative.

Toutefois, il n'y a pas une différence essentielle entre les deux types de symbiose : une espèce voisine de la précédente, le *Ricasolia amplissima* Leight., va nous montrer comment une symbiose limitée, éphémère, facultative, peut acquérir les caractères de la symbiose lichénique ordinaire et se montrer étendue, durable, habituelle, nécessaire.

Chez le *Ricasolia amplissima*, il est fréquent que, sous l'action d'une algue Cyanophycée, des céphalodies externes, plus souvent des céphalodies internes, se produisent comme chez le *Ricasolia herbacea ;* comme chez ce dernier, l'évolution des céphalodies peut être arrêtée par la dégénérescence et la mort des algues ; mais bien souvent, le complexe céphalodial poursuit une évolution inconnue aux céphalodies du *Ricasolia herbacea*. La céphalodie interne occupe dans la médulle une place importante et, s'élevant vers le cortex, écarte les cellules de la couche gonidiale, atteint la couche corticale, en écarte les éléments et fait éruption à la face supérieure du lichen (*fig.* 3); là, elle se développe beaucoup (*fig.* 4), se ramifie abondamment, constitue des arbuscules de 15^{cm} de hauteur, des sortes de petits lichens fruticuleux qui recouvrent d'une végétation grisâtre la surface du thalle et méritent par leur fréquence de figurer dans la diagnose du *Ricasolia amplissima*. Les lichénologues les considèrent souvent comme des lichens adventifs et ils sont connus dans la systématique sous le nom de *Dendriscocaulon bolacinum* Nyl.

Dans ce nouveau lichen, considéré comme autonome, la symbiose a des caractères qui rappellent ceux des lichens ordinaires ; c'est, en apparence au moins, une symbiose harmonieuse.

Toutefois, la lutte entre les deux constituants du *Dendriscocaulon* n'est pas éteinte; on y trouve, d'une manière accidentelle et dans des régions restreintes, les phénomènes de mort et de dégénérescence des algues offerts par les céphalodies immergées. Mais les thalles ordinaires des lichens n'en sont pas exempts; la même famille des Stictacées nous en a offert de nombreux cas chez le *Lobarina scrobiculata* Nyl.

Nous avons soutenu dans un Mémoire antérieur (¹) que les unions lichéniques cachent, sous les dehors d'une paix sereine, un conflit permanent entre leurs constituants; nous avons comparé les lichens à des galles, à des organismes déformés par des actions parasitaires, à des biomorphoses étendues. La série des formes de la symbiose que viennent de nous offrir

(¹) MOREAU (F. et Mme), *Recherches sur les lichens de la famille des Peltigéracées* (*Ann. Sc. nat., Bot.*, 10e série, t. 1, 1919).

les *Ricasolia*, comprenant des céphalodies externes, au caractère évident de cécidies, des céphalodies immergées, où la lutte entre l'algue et le champignon se termine souvent par la mort de la première, des céphalodies érumpantes, où la tolérance plus grande des deux organismes permet au complexe d'acquérir les caractères du thalle ordinaire d'un lichen nouveau, confirme la théorie que nous avons émise de la nature pathologique de la symbiose lichénique.

CHIMIE AGRICOLE. — *Action de l'acide cyanhydrique sur l'organisme des plantes.* Note de M. **Jules Stoklasa**, présentée par M. L. Maquenne.

En vue de préciser l'influence qu'exerce l'acide cyanhydrique sur la végétation, nous avons fait dans notre station d'exploitation, avec le concours de MM. Fr. Stranak et A. Némec, un grand nombre d'essais de culture. Ces expériences étaient conduites dans des vases de verre cylindriques d'une contenance de 20^l; le couvercle de ces vases était muni d'une ouverture par laquelle on pouvait introduire de l'acide sulfurique étendu, destiné à réagir sur du cyanure de sodium placé à l'intérieur des appareils. La richesse en vapeurs cyanhydriques de l'atmosphère ainsi obtenue était exactement déterminée au cours de chaque expérience.

Examinons d'abord l'effet produit sur les organismes inférieurs et les grains.

Action sur les bactéries. — Les essais ont porté sur le *Bacillus subtilis* et le *B. mesentericus vulgatus*, avec des concentrations en acide cyanhydrique variables de 1^{vol} à 4^{vol} pour 100 et à une température de 13° à 14°.

Jusqu'à 3^{vol}, les spores résistent en partie à l'action toxique du milieu; il a fallu aller jusqu'à $3^{vol},5$ pour arrêter, après 24 heures, tout développement ultérieur des cultures.

Il en a été de même avec différentes espèces de phycomycètes : *Mucor mucedo*, *M. stolonifer*, *Penicillium glaucum.* Là encore il a fallu 24 heures de contact avec une atmosphère renfermant $3^{vol},5$ d'acide cyanhydrique pour anéantir la végétation. L'*Aspergillus glaucus* a exigé une concentration encore plus forte, de 4^{vol} pour 100.

Les microorganismes offrent donc une grande résistance à l'action de l'acide cyanhydrique qui, en 24 heures, à la dose de 2^{vol} pour 100, à la température de 13°-14°, ne fait que ralentir leur développement sans l'arrêter d'une façon définitive.

Le cas du *Tilletia tritici* est particulièrement intéressant : à la dose de 1^{vol} pour 100, l'acide cyanhydrique n'exerce sur lui aucune influence pernicieuse, mais à $2^{v.l}$, en 24 heures à la température de 16°, il le détruit d'une façon complète, rendant même ses spores incapables de germer. Cette observation présente une réelle importance pour la désinfection des grains menacés de carie.

Action sur les semences. — Nous avons opéré surtout avec *Triticum vulgare*, *Hordeum distichum* et *Bêta vulgaris*. On a comme précédemment fait agir l'acide cyanhydrique pendant 24 heures, entre 10° et 16°, à des doses variables de 1^{vol} à 4^{vol} pour 100 ; pour la même concentration, l'effet est beaucoup moins accentué à basse température qu'à température plus haute.

Il est important de noter qu'avant de se servir des semences ainsi désinfectées, il est nécessaire de les laisser sécher pendant 3 jours à l'air libre, vers 25°, et de les remuer souvent pour assurer le départ des dernières traces d'acide cyanhydrique.

Un pareil traitement, poursuivi pendant 24 heures à 13°-14° avec 1^{vol} à 2^{vol} pour 100 d'acide cyanhydrique, n'est aucunement nuisible à la germination et empêche, dans une très large mesure, l'attaque ultérieure des grains par les microorganismes, lorsqu'on les transporte dans du sable, stérilisé ou non. Après 12 jours, dans le cas du blé non traité, 40 à 50 pour 100 des jeunes plantes étaient parasitées, alors que celles qui avaient subi l'action de l'acide cyanhydrique étaient restées presque indemnes, absolument indemnes, même lorsque les cultures étaient poursuivies dans du sable stérilisé. Dans ce dernier cas, le développement de la plante est plus rapide : avec l'orge nous avons récolté, après 20 jours de végétation, $6^g,99$ de matière sèche dans le sable non stérilisé, et $7^g,63$ dans le sable stérilisé.

Les graines de betteraves à sucre ont été traitées à la température de 12°-13° par 1^{vol}, 2^{vol} et 3^{vol} pour 100 d'acide cyanhydrique, puis maintenues pendant 72 heures au contact de l'air, à 25°, pour débarrasser les glomérules de tout excès de gaz toxiques. Les résultats ont été absolument semblables à ceux qu'avait donnés le froment : les glomérules traités sont restés pour la plupart sains, tandis que les témoins ont donné un grand nombre de plantules contaminées.

Les Tableaux suivants, que nous avons dû, faute d'espace, réduire considérablement, résument quelques-uns des résultats obtenus avec le froment

et la betterave, après fumigation à la dose de 1vol ou 2vol d'acide cyanhydrique pour 100.

I. — Germination du froment.

Première expérience (température : 13°).

		Après 4 jours.		Après 7 jours.		Après 12 jours.	
		Germinations p. 100.	Contaminés p. 100.	Germinations p. 100.	Contaminés p. 100.	Germinations p. 100.	Contaminés p. 100.
Sans CNH.	Sable non stérile.	63	5	93	18	93	69
	Sable stérilisé...	75	6	93	16	93	60
1vol CNH.	Sable non stérile.	90	0	98	0	98	3
	Sable stérilisé...	91	0	98	0	98	2
2vol CNH.	Sable non stérile.	88	0	97	0	97	1
	Sable stérilisé...	90	0	98	0	98	0

Deuxième expérience (température : 14°).

		Après 4 jours.		Après 8 jours,		Après 12 jours.	
		Germinations p. 100.	Contaminés p. 100.	Germinations p. 100.	Contaminés p. 100.	Germinations p. 100.	Contaminés p. 100.
Sans CNH.	Sable non stérile.	72	1	94	10	97	58
	Sable stérilisé...	74	1	97	9	98	41
1vol CNH.	Sable non stérile.	69	0	95	0	98	3
	Sable stérilisé...	70	0	96	0	97	2
2vol CNH.	Sable non stérile.	66	0	92	0	97	2
	Sable stérilisé...	68	0	93	0	97	0

II. — Germination des graines de betterave.

	Sans CNH.				Avec 2vol CNH pour 100.			
	Sable non stérile.		Sable stérilisé.		Sable non stérile.		Sable stérilisé.	
Après	Glomérules germés.	Nombre de germes.	Glomérules germés.	Nombre de germes.	Glomérules germés.	Nombre de germes.	Glomérules germés.	Nombre de germes.
4 jours...	23	40	20	33	5	9	6	9
6 » ...	68	119	59	122	33	79	38	32
8 » ...	85	188	75	170	58	136	59	141
10 » ...	93	198	85	188	82	170	84	175
12 » ...	94	200	89	195	85	179	87	180
14 » ...	94	201	90	196	87	182	88	181

Le traitement à l'acide cyanhydrique semble ici, dans le cas de la betterave, avoir légèrement diminué le nombre des germinations; mais, comme

nous l'avons déjà fait remarquer plus haut, les glomérules soumis à la fumigation se sont maintenus en bien meilleur état que les autres, sans manifester aucune tendance à la putréfaction, ce qui est évidemment une circonstance favorable.

L'acide cyanhydrique est donc un excellent agent de désinfection des semences, dont l'emploi, ainsi que nous l'ont montré d'autres essais effectués en grande culture, assure un meilleur départ à la végétation, ce qui favorise le développement des plantes et leur permet par la suite d'atteindre à un plus fort rendement.

EMBRYOGÉNIE. — *Origine blastodermique des Entéroïdes et du complexe entéroïdo-pharyngien, chez les Anthozoaires.* Note (¹) de M. **Armand Krempf**, présentée par M. Yves Delage.

Pour alléger ma description des premières phases de l'embryogénie des Anthozoaires, j'ai dû laisser dans l'ombre tout ce qui concernait l'évolution de leur appareil entéroïdo-pharyngien. Le moment est maintenant venu d'examiner comment, au cours des transformations dont j'ai fait connaître la complexité inattendue, s'est comporté cet appareil, qui par celle de ses extrémités confinant au pôle oral, je veux dire par le pharynx, se trouve, chez l'adulte, en rapport intime avec la bouche. On ne voit pas clairement tout d'abord par quel trait d'union nos connaissances sur le développement du tube pharyngien et ses racines entéroïdiennes profondes pourraient se raccorder avec les phénomènes que nous avons décrits et en particulier se concilier avec les notions que j'ai introduites sur la signification morphologique et l'origine de la fente buccale. Les difficultés de ce raccord auraient été pour moi un grave obstacle à l'intelligence des faits que j'ai exposés dans une série de Notes précédentes, si je ne m'étais trouvé dès le début de cette étude en présence d'un dispositif jusqu'ici insoupçonné dont la découverte nous libère de la nécessité de chercher un terme de conciliation entre les idées admises et celles que j'ai à faire connaître aujourd'hui.

Ces vues nouvelles comportent en effet la transformation radicale de nos conceptions sur les rapports embryogéniques du pharynx avec le disque tentaculaire, avec la fente buccale, avec les entéroïdes, enfin avec les feuillets du blastoderme; je les dois à une particularité précieuse que présente le développement de *Pœcillopora cespitosa :*

(¹) Séance du 31 mai 1920.

l'ouverture tardive de son blastopore. Cette disposition m'a offert des conditions d'observations qui me permettent d'établir : 1° que le complexe entéroïdo-pharyngien, contrairement à l'opinion régnante, se forme entièrement en dehors de l'intervention de l'ectoderme et qu'il tire exclusivement son origine d'une différenciation de l'endoderme archentérique ; 2° que pendant les premières phases de son développement, il évolue sans aucune relation avec ce que les auteurs ont appelé l'invagination stomodéale, organe embryonnaire des plus importants siégeant au pôle oral de la larve, mais n'ayant aucun rapport évolutif direct avec l'entéro-pharynx, appelé qu'il est à former le disque buccal de l'adulte ; 3° enfin que se conformant au plan morphologique général de la larve dont il représente le véritable feuillet endodermique, l'appareil entéroïdien obéit aux grandes lois qui président à l'organogenèse des Antozoaires : en conséquence, nous devons nous attendre à voir son étude nous rappeler successivement la métamérisation primitive de la larve, l'atrophie de sa génératrice ventrale, la dyssymétrie et le fléchissement ventral qui en résulte, le clivage dorso-ventral, enfin la concrescence oro-dorsale, autour de l'orifice buccal définitif, des formations métamériques qui constituent cet appareil.

Voyons avec plus de détails quelques-uns des éléments principaux de ce sommaire.

Le complexe entéroïdo-pharyngien dérive de l'endoderme archentérique ; aucun élément ectodermique ne participe à son édification. Cette formule prenant le contrepied de l'opinion classique sur laquelle repose notre conception du grand groupe des Scyphozoaires, il importe de montrer que son bien-fondé est établi sur des observations et des faits à l'abri de toute critique.

Pour prévenir des objections bien naturelles, mais inutiles, disons tout d'abord que l'invagination orale prise par les auteurs pour la première ébauche du pharynx se présente, chez *Pœcillopora cespitosa*, sous un aspect si favorable à l'examen qu'il ne peut rester de doute dans l'esprit de l'observateur sur l'exactitude de son interprétation comme ébauche du disque pentaculaire ; le blastopore se trouve au fond de cette invagination. Dans les très jeunes stades que nous décrivons ici, cet orifice n'est pas encore ouvert, mais il est nettement indiqué par un remarquable amincissement des deux feuillets blastodermiques de la planula ; l'archentéron, bien qu'encore clos, est largement développé ; enfin, les ébauches de l'appareil entéroïdo-pharyngien sont situées à une grande distance au-dessous de la région blastoporale : elles se trouvent par là isolées, sur la paroi de l'archentéron, fort loin du point où s'établira plus tard le contact entre l'endoderme archentérique et l'ectoderme, lors de la perforation du blastopore et la formation de la bouche. C'est donc avant l'ouverture de tout orifice, c'est-à-dire dans les conditions les plus favorables à la distinction formelle des feuillets de la larve et de leurs dérivés, que ces ébauches commencent à se dessiner.

Elles sont réparties métamériquement dans chacun des segments α, β, γ suivant les deux génératrices antagonistes dorsale et ventrale dont j'ai révélé l'existence chez l'embryon de *Pœcillopora cespitosa* et de *Seriatopora subulata*. Elles sont constituées chacune par un massif épithélial formant un îlot isolé au milieu de l'endoderme archentérique et appuyé sur l'ébauche sous-jacente d'un autre appareil de formation contemporaine à la leur, l'appareil cloisonnaire. Ces massifs épithéliaux résultent de la différenciation des points du revêtement archentérique désignés ci-dessus. En ces points limités avec précision, le revêtement cellulaire de l'Archentéron subit les trans-

formations suivantes; il perd tous les caractères embryonnaires et primitifs qu'il avait conservés jusqu'ici : aspect vacuolaire de ses éléments, noyaux rares et disséminés, richesse en vitellus, enfin présence de nombreuses zooxanthelles; il acquiert, après différenciation, la physionomie propre aux épithéliums de l'appareil entéroïdien : cellules cylindriques presque filiformes très nombreuses, pressées les unes contre les autres et attirant ainsi l'attention par le groupement dense de leurs noyaux; absence complète de vitellus et de zooxanthelles. L'apparition de ces ébauches épithéliales a lieu dans l'ordre suivant : Tout d'abord celles du segment α; l'ébauche du foyer ventral étant sensiblement en retard et un peu moins développée que celle de son antagoniste dorsal. L'ébauche entéroïdienne du segment β se développe en second lieu; elle est unique et siège au foyer dorsal, la dyssymétrie dorso-ventrale ayant entraîné la suppression de l'ébauche ventrale. Quant à celle du segment γ, elle est, elle aussi, unique et ce n'est qu'au moment de l'achèvement du pharynx qu'on la voit se dessiner au foyer dorsal du troisième et dernier segment du scyphostrobile hexacorallien.

J'ajouterai que le développement ultérieur de ces massifs épithéliaux n'est pas moins remarquable que leur mode d'apparition à la surface du revêtement archentérique et que leur différenciation aux dépens des éléments de ce feuillet.

PHYSIOLOGIE. — *L'anesthésie et l'anaphylaxie*. Note de M. **W. Kopaczewski**, **A. H. Roffo** et Mme **H. L. Roffo**, présentée par M. D'Arsonval.

Les expériences de Roux et Besredka [1] ont établi qu'on peut supprimer le choc anaphylactique par l'anesthésie, provoquée par l'éther, le chlorure d'éthyle ou par les hypnotiques, tels que le chloralose ou l'uréthane; les recherches de Banzhaf [2] ont fixé les mêmes propriétés du chloral.

Au cours de nos recherches [3] sur les caractères physiques des substances médicamenteuses, nous avons été frappés par le fait que les anesthésiques ou analgésiques possèdent la propriété bien nette de diminuer la tension superficielle du sérum. D'autre part, il est aujourd'hui bien démontré qu'on peut empêcher la production des phénomènes anaphylactiques par des substances, telles que la lécithine (Achard), les alcalis (Friedberger), les savons (Kopaczewski), et que toutes ces substances ont la propriété commune de diminuer la tension superficielle.

Nous nous sommes alors demandé si, dans la suppression du choc ana-

---

(1) Besredka, *Ann. de l'Inst. Pasteur*, t. 20, 1907, p. 250.

(2) Banzhaf et Famulener, *Jour. of Infec. Deseases*, t. 7, 1910, p. 577.

(3) W. Kopaczewski et Z. Gruzewska, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 135.

phylactique pendant l'anesthésie, cette dernière ne joue qu'un rôle secondaire, la diminution de la tension superficielle étant la cause essentielle.

Et voici comment nous avons cherché à résoudre ce problème.

On savait que les anesthésiques généraux — le chloroforme, l'éther, l'alcool — diminuent la tension superficielle de l'eau ; nous nous sommes assurés qu'il en est de même pour d'autres anesthésiques, hypnotiques ou analgésiques : chloralose, chloral, uréthane, cocaïne, stovaïne.

La morphine, au contraire, ne diminue pas la tension superficielle, mais justement avec cette substance, Besredka n'a pas pu observer la suppression des phénomènes d'anaphylaxie.

La propriété d'abaisser la tension superficielle par ces substances s'observe également avec le sérum humain.

Substances.	Densité.	Tens. sup. dynes — cm.	Viscosité à 15° C.
Sérum normal humain	1,0300	67,73	3,0950
» » » et chlorof. à 0,5 %	1,0284	60,35	1,1710
» » » et éther à 1 %	1,0260	64,24	1,5952
» » » et chlor. d'éthyle à 1 %	0,9998	44,30	2,5047
» » » et chloral à 2 %	1,0349	60,15	1,6666
» » » et stovaïne à 4 %	1,0349	50,51	1,8095
» » » et chloralose à 1 %	1,0276	61,24	1,9285
» » » et uréthane à 1 %	1,0216	59,15	1,6190

Les expériences sur l'animal vivant, le cobaye, ont confirmé les expériences *in vitro*. Nous avons anesthésié un lot de cobayes et, pendant l'anesthesie, nous les avons saignés à blanc : le sérum, obtenu par une centrifugation rapide (la durée de toute cette opération étant de 15 à 20 minutes), avait une tension superficielle notablement abaissée. Voici d'ailleurs les caractères physiques de ces sérums :

Substances.	Densité.	Tension superf.	Viscosité.
Sérum normal de cobaye	1,0229	68,26	1,3809
» pendant l'anest. chloroformée	1,0130	59,69	1,4285
» pendant l'anest. éthérée	1,0104	60,65	1,3570
» pendant l'anest. au chlor. d'éthyle	0,9795	59,85	1,0000

En présence de ces résultats nous avons cherché à supprimer le choc anaphylactique par les anesthésiques, dans de telles conditions que l'anesthesie n'a pas eu lieu.

Une série de cobayes, sensibilisés par l'injection sous-cutanée de $0^{cm^3},001$ de sérum antidiphtérique (Institut Pasteur) à été, au bout

de 35 jours, injectée dans la veine jugulaire de $0^{cm^3},5$ du même sérum, conservé aseptiquement et dans l'obscurité. Cette injection a provoqué chez les témoins la mort foudroyante typique en 2 à 3 minutes. Mais, si cette injection a été immédiatement précédée d'une injection intra-veineuse de $2^{cm^3},5$ d'une solution aqueuse, saturée à 15° C., d'éther ou de $1^{cm^3},5$ d'une solution aqueuse de chloroforme à 1 pour 100, donc à des doses mêmes doubles de celles qui se trouvent dans le sang au moment de l'anesthésie confirmée, les phénomènes toxiques ne se produisaient point, quoique, en dehors d'une torpeur de quelques secondes, aucun signe d'anesthésie n'ait été observé (pas de résolution musculaire, reflexes et sensibilité conservée, etc.). La suppression du choc anaphylactique s'observait également avec $0^{cm^3},25$ de stovaïne à 2 pour 100.

Il nous semble que dorénavant il faut refuser au système nerveux l'influence capitale qu'on lui attribuait dans la production des phénomènes anaphylactiques. Une fois de plus ces résultats arrivent à confirmer que l'anaphylaxie n'est qu'une réaction de floculation colloïdale et une asphyxie, consécutive à l'obstruction des réseaux capillaires par les agrégations micellaires.

Pratiquement, c'est là une source nouvelle ùo l'on pourra puiser les moyens de combattre tous les phénomènes pathologiques, rattachés à l'anaphylaxie.

HISTOLOGIE. — *Modifications et lésions des cellules épithéliales pulmonaires dues aux gaz suffocants.* Note (1) de M. A. **Guieysse-Pellissier**, présentée par M. Henneguy.

A côté des lésions banales d'œdème, de congestion, d'envahissement leucocytaire, que nous avons décrites avec A. Mayer et Fauré-Fremiet dans une Note antérieure (2), le poumon, après une atteinte par les gaz suffocants, réagit surtout par ses cellules épithéliales.

On sait que celles-ci se présentent sous deux formes; la grande plaque anucléée et les petites cellules interposées entre elles. Les grands éléments anucléés sont inertes, comparables aux hématies, mais les cellules sont d'une sensibilité extrême et réagissent immédiatement à la moindre excitation.

(1) Séance du 31 mai 1920.

(2) Mayer, Guieysse et Fauré-Fremiet, *Lésions déterminées par les gaz suffocants* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1289).

Le phénomène initial d'une faible intoxication est une multiplication intense de ces cellules; elle coïncide souvent avec une forte congestion et se produit très rapidement; une demi-heure après une inhalation, on peut déjà la constater. Les parois alvéolaires deviennent alors épaisses, se nivellent et les alvéoles peuvent disparaître par l'accolement de leurs bords et se transformer ainsi en fentes virtuelles. Il en résulte un aspect massif bien différent de l'élégante dentelle que présente la coupe d'un poumon sain. Les cellules se touchent, se recouvrent les unes les autres et apparaissent ainsi placées en plein tissu compact.

Cette multiplication rapide se fait par un procédé spécial; les karyokinèses sont rares et ne peuvent expliquer l'intensité du phénomène. Mais, de place en place, on observe des accumulations de noyaux empilés les uns sur les autres et qui sont dues, selon toute vraisemblance, à des divisions amitotiques multiples. Les empilements de noyaux se montrent plus ou moins serrés suivant l'âge de la division. Au début, les limites cellulaires ne semblent pas se former et il n'y a d'abord qu'un vaste syncytium. Ensuite les éléments s'individualisent.

A côté de ces nids de noyaux, nous signalerons des éléments extrêmement curieux. Ce sont des noyaux monstrueux, informes, énormes, polychromatiques, ressemblant, jusqu'à un certain point, à des noyaux de mégacaryocytes de la moelle. Ces noyaux peuvent parfois se rencontrer chez des animaux sains (nous en avons même vu chez un chat nouveau-né), mais ils sont alors très rares; tandis qu'il nous est arrivé d'en rencontrer en quantité considérable sur des poumons intoxiqués. Interprétés comme des mégacaryocytes par quelques auteurs, nous pensons plutôt que ce sont des noyaux de cellules épithéliales en division amitotique multiple arrêtés dans leur évolution.

Si l'excitation des cellules épithéliales a été poussée plus loin, nous les voyons, après multiplication, s'individualiser, devenir cuboïdes, globuleuses, puis se détacher. A partir de ce moment, la cellule libre dans l'alvéole, devient un élément phagocyteur dont le pouvoir s'exerce contre les hématies et les débris de leucocytes. Elle semble même reprendre une activité nouvelle et on la voit souvent se diviser par karyokinèse; d'autres fois, ce sont des amitoses multiples, sans division protoplasmique qui la transforment en élément géant multinucléé; cet élément peut contenir jusqu'à 15 ou 20 noyaux, le protoplasma est abondant et souvent creusé de canalicules de Holmgren.

La phagocytose est, chez ces éléments, extrêmement active; il n'est pas

rare de voir des cellules qui ont incorporé cinq ou six leucocytes à la fois.

Ces cellules libres sont bientôt chassées de l'alvéole ou dégénèrent sur place. Lorsqu'elles sont peu nombreuses et qu'il y a une masse de leucocytes, cette masse remplit les alvéoles et entraîne avec elle les cellules isolées. Dans d'autres cas, il n'y a que des cellules épithéliales, et c'est par la poussée de nouvelles générations que les plus anciennes sont entraînées jusque dans les bronches. Il résulte de cette disposition une image curieuse que nous avons appelée *pseudonéoplasique*, car l'aspect rappelle, jusqu'à un certain point, celui d'un néoplasme épithélial.

Avant la dégénérescence, tout en gardant un noyau intact, les cellules deviennent vacuolaires; les vacuoles, ainsi que nous avons pu le voir par des colorations au Soudan III et à l'indophénol, renferment de la graisse, mais cette graisse n'est pas osmio-réductrice. Même à ce moment, on en voit encore en karyokinèse; toutefois les divisions ne se font pas avec la régularité qu'elles présentent sur les éléments normaux. Ensuite les cellules sont définitivement frappées de mort, leur noyau devient pycnotique et elles sont finalement entraînées dans les bronches.

Lorsque les animaux n'ont respiré que des doses assez faibles et que la mort ne doit pas s'ensuivre, nous voyons apparaître une phase de cicatrisation; pendant que les cellules détachées dégénèrent et s'éliminent, une seconde génération d'éléments stables s'organise sur les parois alvéolaires. Les parois elles-mêmes ont subi de grandes modifications; elles ont été envahies par des fibroblastes et se sont sclérosées; il en résulte un épithélium secondaire définitivement établi sur une nouvelle charpente; il se fait de l'alvéolite végétante.

Cet épithélium secondaire apparaît assez tard, lorsque la cause nocive a disparu depuis longtemps; ce sont des cellules de réparation qui sont saines et se comportent comme des cellules normales de revêtement. Elles ont l'aspect de gros éléments cubiques, précis de forme, à protoplasma dense et homogène; on en voit souvent en karyokinèse.

Leur rôle paraît dépasser celui d'un simple épithélium de revêtement, et elles semblent contribuer par une sorte de digestion à la disparition des masses de cellules nécrosées qui restent dans l'alvéole. Nous avons, en effet, observé des structures qui rappelaient d'une façon curieuse la disposition des corpuscules de Hassal du thymus; au contact d'une masse complètement nécrosée, des cellules aplaties étaient plaquées en lames de bulbe d'oignon.

Nous avons aussi observé des faits de gigantisme cellulaire assez curieux.

On voit de temps en temps, au milieu de cellules parfaitement régulières, des éléments énormes, deux ou trois fois plus grands que les éléments voisins.

Lorsque les alvéoles sont envahies par des bouquets de fibrine, dans la phase de cicatrisation, ces bouquets s'organisent en tissu conjonctif dense; ils sont alors souvent surmontés par une rangée de cellules épithéliales cubiques.

Il se forme ainsi des blocs de splénisation et d'atélectasie. Les éléments qui y contribuent montrent une grande vitalité, mais ces parties du poumon sont dorénavant perdues pour le fonctionnement de l'organe.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les modifications des oxydases pendant l'évolution du neurone.* Note de M. G. **Marinescu**, présentée par M. E. Roux.

L'étude histologique des oxydases pendant l'évolution et l'involution de la cellule nerveuse nous permet de constater certains faits nouveaux et d'approfondir le mécanisme intime de la vie du neurone. Mes recherches, pratiquées à l'aide de la technique recommandée par M. Gräff ([1]), montrent que toutes les cellules du système nerveux central sont très riches en oxydases, à partir du quatrième mois de la vie fœtale. Dans les cellules de l'écorce, comme dans celles des ganglions de la base, du bulbe, de la moelle, des ganglions sympathiques et spinaux, on voit dans le cytoplasma un grand nombre de granulations fortement colorées en bleu, dont le nombre augmente, dans une certaine mesure, avec le volume de la cellule. D'une manière générale ces granulations font défaut, chez l'embryon et chez l'adulte, dans le noyau et le nucléole de la cellule nerveuse, mais tandis que chez le nouveau-né, l'enfant et l'adulte les nerfs périphériques manquent complètement d'oxydases, nous constatons, chez l'embryon jusqu'au septième mois, qu'elles sont très nombreuses, non seulement dans les faisceaux du sympathique, mais aussi dans les différents nerfs périphériques. C'est ainsi que, chez l'embryon de quatre mois, nous sommes surpris par la quantité énorme d'oxydases qu'on voit dans la gaine

([1]) G. Marinescu, *Recherches histologiques sur les oxydases* (*Comptes rendus de de la Société de Biologie*, séance du 8 février 1909) et *Études histologiques sur les oxydases et les peroxydases* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, séance du 22 mars 1920).

des nerfs, dans les cellules du tissu interfasciculaire, dans la gaine lamelleuse et même à l'intérieur du faisceau nerveux. Les granulations d'oxydases siègent également dans les vaisseaux capillaires, de manière qu'on peut suivre le trajet de ces dernières et celui des vaisseaux, grâce à la présence des oxydases à leur intérieur. Ces granulations se trouvent surtout dans les leucocytes. Parfois leur nombre est tellement considérable qu'il s'y forme de véritables tromboses d'oxydases.

Le protoplasma des cellules endothéliales contient également des granulations bleues disséminées. Les fibroblastes du tissu interfasciculaire en contiennent aussi, elles sont tantôt plus denses, tantôt dispersées dans leur protoplasma et, entre ces fibroblastes on observe encore des cellules rondes qui en sont bourrées; il s'agit probablement de cellules mononucléaires. De pareilles cellules se retrouvent disséminées à l'intérieur des faisceaux nerveux, mais, fait important, c'est que les fibres nerveuses contiennent dans leur protoplasma beaucoup de granulations d'oxydases.

Malgré que la méthode utilisée ne permette pas d'étudier le processus de différenciation des fibres nerveuses, on peut affirmer que la plupart d'entre elles ne sont pas pourvues de gaines de myéline à l'âge de 4 à 5 mois, qu'il n'y a pas d'étranglement de Ranvier et que les faisceaux nerveux sont constitués par des fibres qui contiennent dans leur protoplasma de gros noyaux ovoïdes situés soit sur le côté de la fibre, soit dans la direction axiale. En dehors des éléments que nous avons décrits, on trouve des blocs énormes et des sphères colorées en bleu foncé. Ces blocs se présentent, souvent, sous forme de sphères constituées par des granulations tellement denses qu'elles sont presque toujours irrésolubles au microscope. A la périphérie de ces sphères, on voit une atmosphère rayonnante de granulations d'oxydases. Les sphères se retrouvent dans le tissu interfasciculaire, dans la gaine des nerfs et peuvent mesurer de $150^{\mu} \times 90^{\mu}$ jusqu'à $100^{\mu} \times 190^{\mu}$. Les granulations d'oxydases sont plus nombreuses dans les faisceaux nerveux du système sympathique. Les blocs d'oxydases s'observent dans les ganglions spinaux et sympathiques, tandis que dans la moelle, le bulbe et le cerveau on rencontre des masses d'oxydases à l'intérieur des vaisseaux capillaires et dans les cellules mobiles disséminées dans la substance grise des centres nerveux. Dans la substance blanche de la moelle épinière il n'y a pas de granulations, ou bien on en voit seulement quelques-unes, localisées tout près de la substance grise.

A mesure que le processus de différenciation s'accuse et que la myéline se développe, il ne reste plus d'oxydases dans les fibres nerveuses, excep-

tion faite pour celles du système sympathique, qui n'atteignent jamais la même différenciation des fibres du système cérébro-spinal, de sorte que chez l'embryon âgé de 7 mois les oxydases y font défaut. Dans les petits faisceaux nerveux des muscles des yeux chez le lapin et dans les fibres nerveuses qui ont pénétré dans les fibres musculaires, on trouve des granulations d'oxydases.

Ces constatations me font penser que, pendant la vie embryonnaire, l'activité des oxydases des nerfs périphériques est très intense et qu'elle fournit aux fibres nerveuses l'énergie de croissance. Cette activité est l'œuvre des ferments qui se trouvent dans le protoplasma du syncytium de Schwan, mais à mesure que le processus de différenciation de la fibre nerveuse s'accuse ils sont transportés dans d'autres régions, par des cellules mobiles oxydasophores qu'on retrouve dans le tissu interfasciculaire et dans les vaisseaux. Ceci nous permet d'affirmer que la fibre nerveuse, après avoir achevé son évolution histologique, joue le rôle de conducteur et sa fonction ne s'accompagne que d'échanges extrêmement réduits.

Les cellules nerveuses pendant leur évolution subissent des modifications intérieures qui consistent dans l'apparition des granulations désignées du nom de *pigment jaune*. A mesure que celui-ci se développe, les granulations d'oxydases diminuent et sont remplacées par le pigment. Un travail semblable s'opère dans les cellules à pigment noir, celles, par exemple, du *Locus niger*, du *Locus cœruleus*, les cellules sympathiques. Dans ces régions nous assistons à un processus analogue, c'est-à-dire que les granulations d'oxydases disparaissent progressivement et les granulations de mélanine finissent par occuper tout le cytoplasma. Cette transformation commence, en première ligne, dans le corps de la cellule et, plus tard, dans les prolongements protoplasmiques.

C'est ainsi que l'on voit dans la substance noire que le corps de la cellule est à peu près complètement occupé par les granulations de mélanine, tandis que les prolongements protoplasmiques sont bien fournis d'oxydases.

Cette transformation pigmentaire des granules d'oxydases exerce une action importante sur le métabolisme de la cellule nerveuse, car la diminution des ferments de l'oxydation entraîne, comme conséquence, une diminution de la capacité respiratoire de la cellule.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'épuration des eaux d'égout par les boues activées.* Note de M. **R. Cambier**, présentée par M. Schlœsing.

On a vu, par ma Note du 15 mars dernier, que l'épuration de l'eau d'égout par les boues activées peut être considérée comme se produisant en deux phases, empiétant d'ailleurs quelque peu l'une sur l'autre : la première, constituant presque à elle seule l'épuration, consiste dans la fixation de l'ammoniaque et des autres principes azotés et colloïdaux de l'eau d'égout par la boue, dont le rôle est ici assimilable à celui de l'humus de la terre végétale; la seconde est la nitrification du complexe boue-principes azotés qui s'est formé.

J'ai montré que cette nitrification se différencie de la classique nitrification microbienne par son intensité et surtout par la basse température (0°) à laquelle elle peut encore s'effectuer.

Un argument en faveur de la nature microbienne de cette nitrification paraît pouvoir encore être tiré de l'action empêchante du chloroforme. Examinons cet argument.

De l'air saturé de vapeur de chloroforme anéantit rapidement et définitivement le pouvoir épurateur de la boue. Pour me rendre compte de l'action de doses moindres de chloroforme, j'ai fait barboter de l'air dans un mélange de 1^l d'eau d'égout avec environ $0^l,25$ de boue active, l'air traversant d'abord un petit flacon contenant 1^g de chloroforme. Dans le délai de 2 heures, d'ordinaire suffisant pour l'épuration, l'azote ammoniacal est passé de 20^{mg} à 5^{mg} et l'azote nitrique de 0^{mg} à 13^{mg}. L'épuration a donc été incomplète; mais cet essai ne fournit pas une bonne mesure de la dose de chloroforme qui a agi réellement, parce que ce corps, très volatil, disparaît en peu de temps, bien avant la fin du passage de l'air.

Pour répartir le chloroforme, mêlé à l'air, sur la durée totale de l'expérience, j'ai eu recours à l'artifice suivant : j'ai fait absorber de la vapeur de chloroforme à un tube de caoutchouc épais, par sa surface intérieure, et j'ai employé ensuite ce tube pour amener le courant d'air dans le mélange d'eau d'égout et de boue active; le poids de chloroforme entraîné par l'air m'était donné par une pesée du tube au début et à la fin de l'essai. J'ai trouvé ainsi les chiffres ci-après :

	Chloroforme (pour 1 d'eau d'égout).	Eau d'égout brute (poids d'azote).	Eau traitée après 2 heures (poids d'azote).
I....	$\frac{1}{9000}$	21^{mg} AzH^3; 0^{mg} AzO^3H	17^{mg} AzH^3; 0^{mg} AzO^3H
II....	$\frac{1}{18000}$	22^{mg} AzH^3; traces AzO^3H	11^{mg} AzH^3; 4^{mg} AzO^3H

On peut se demander si c'est bien par la seule manifestation de son pouvoir antiseptique que la faible dose de $\frac{1}{18000}$ de chloroforme a été capable d'apporter une gêne aussi marquée à l'épuration, étant donné que, d'ordinaire, le pouvoir antiseptique du chloroforme n'apparaît guère élevé. Je viens de constater, par exemple, que le bacille d'Eberth (type de bacille non sporulé et très sensible aux antiseptiques) se développe normalement en 24 heures dans le bouillon nutritif chargé de $\frac{1}{330}$ de chloroforme et que, d'autre part, la fermentation alcoolique du sucre par la levure de bière s'effectue non moins normalement dans un bouillon sucré chargé de $\frac{1}{500}$ de chloroforme.

D'après cela, le chloroforme n'agirait peut-être pas sur les mélanges d'eau d'égout et de boue activée en empêchant un travail microbien et, dès lors, son action ne fournirait plus une preuve de la réalité de ce travail.

Voici maintenant une expérience qui semble encore plus probante. J'ai soumis de l'eau d'égout (1^l) pendant 1 heure à un courant d'air à peu près saturé de vapeur de chloroforme, puis pendant 4 heures à un violent courant d'air pur destiné à débarrasser l'eau de toute trace de cette vapeur; après quoi l'eau a été mélangée avec de la boue très active et aérée pendant 16 heures :

	Eau d'égout brute (poids d'azote par litre).	Eau traitée (après 16 heures) (poids d'azote par litre).
I............	25^{mg} AzH^3; 0^{mg} AzO^3H	traces AzH^3; 0^{mg} AzO^3H
II............	21^{mg} AzH^3; 0^{mg} AzO^3H	traces AzH^3; 0^{mg} AzO^3H

L'ammoniaque a été fixée, mais il n'y a pas eu de nitrification. Cependant le *principe épurateur* qui réside dans la boue activée n'avait pas été en contact avec le chloroforme et il n'était pas altéré puisque la même boue, mise en présence d'eau d'égout nouvelle, l'a rapidement épurée dans les conditions habituelles, avec production de 15^{mg} par litre d'azote nitrique.

Il serait, d'après cela, difficile d'invoquer l'action antiseptique du chloroforme pour affirmer la nature microbienne de la nitrification par les boues activées.

Enfin, les essais que j'ai effectués pour isoler les ferments nitriques de la boue activée (en milieux chargés de nitrites, suivant les indications de Winogradsky) ne m'ont conduit à aucun résultat positif.

Il me semble donc qu'il y a des objections sérieuses à opposer à l'idée, communément admise, d'une fermentation nitrique au cours de l'épuration de l'eau d'égout par les boues activées. Il est permis de penser que l'ammoniaque et les autres principes azotés de l'eau d'égout, tout d'abord fixés

par la boue dans la première phase de l'épuration, pourraient ensuite être oxydés et transformés en acide nitrique par l'oxygène de l'air insufflé dans la masse. Je montrerai prochainement comment cette oxydation est favorisée, sinon déterminée, par l'oxydation de certaines substances qui existent dans les boues activées, notamment du sulfure de fer.

BACTÉRIOLOGIE. — *Bactériothérapie par extraits microbiens.* Note de MM. **H. Vallée** et **L. Bazy**, présentée par M. E. Roux.

L'utilisation thérapeutique des extraits microbiens remonte aux premières tentatives de Robert Koch sur la tuberculose, et les remarquables travaux de Wright relatifs à la vaccinothérapie des infections chroniques sont connus de tous.

Certains considèrent aujourd'hui que les précieux résultats obtenus de ce procédé ne relèvent point d'une action spécifique. A l'égard d'une infection donnée, des effets thérapeutiques, également heureux, seraient tout aussi bien acquis à la faveur d'un antigène hétérologue que de l'emploi de l'agent causal lui-même, utilisé comme vaccin ([1]). Nombre d'auteurs ont apporté des preuves troublantes de cette conception et l'un de nous a pu faire des constatations analogues dans le traitement de diverses infections chroniques du cheval. Le caractère de spécificité manquant à la méthode, la dénomination de bactériothérapie lui serait plus heureusement applicable que celle de vaccinothérapie qui éveille en soi l'idée de spécificité corrélative de toute tentative de vaccination.

On ne peut qu'être frappé, également, de la régularité des résultats heureux obtenus de l'usage de produits bactériens d'origine spécifique fixe, mais d'élaboration singulièrement variable. Les uns utilisent à titre curatif des germes vivants, sensibilisés ou non, d'autres des cadavres microbiens diversement traités; certains n'emploient que de jeunes cultures et même les stabilisent afin d'éviter leur dégradation (Nicolle et Blaizot); pour d'autres, les cultures vieillies, spontanément bactériolysées sont à préférer (Delbet).

Toutes ces modalités se révèlent accessoires. Deux faits demeurent intangibles : l'efficacité du procédé de traitement par l'antigène bactérien ima-

([1]) Quelques auteurs vont même, non sans raison, jusqu'à utiliser à ce titre des matières protéiques d'origine non microbienne (Protéosothérapie).

giné par Wright et la relativité de la forme donnée à l'antigène utilisé en ce but.

Ces constatations nous ont conduits à étudier, de divers points de vue, la valeur thérapeutique, chez l'homme, d'un antigène staphylococcique soluble et stable. Nous obtenons celui-ci selon la technique même utilisée pour la préparation de la tuberculine ancienne de Koch. Diverses races de staphylocoques dorés, empruntées à des formes graves de furonculose, d'anthrax ou d'ostéomyélite, sont cultivées à 37° en bouillon peptone glycériné à 5 pour 100. Au dixième jour de leur âge, ces cultures sont stérilisées à 100°, puis concentrées au bain-marie, au dixième de leur volume primitif. Le liquide sirupeux obtenu est filtré sur papier Chardin. Il est stable et inaltérable à l'abri de la lumière. Pour la commodité de l'exposé nous lui donnons le nom d'*endococcine* brute. On le dilue, pour l'usage médical, au dixième, en eau distillée stérilisée.

Nous avons utilisé depuis deux ans, dans divers services hospitaliers, cet antigène dans la bactériothérapie d'états très divers, à dessein choisis les uns au titre spécifique, les autres au titre non spécifique.

Il est à noter tout d'abord, que l'organisme indemne ne réagit point à l'injection d'endococcine, même à doses importantes (10^{cm^3} de la dilution).

Sur un organisme malade, on observe des effets locaux d'importance variable (plaque érythémateuse parfois d'apparence hémorragique); des effets focaux : atténuation ou disparition des phénomènes inflammatoires, éveil des suppurations, sédation des douleurs; des effets généraux, essentiellement caractérisés par une sensation d'euphorie.

Un certain nombre de constatations nous permettent de penser que la réaction locale obtenue mérite d'être utilisée chez l'homme à titre diagnostic dans l'identification de la nature staphylococcique de certains états ([1]).

Dans les états spécifiques, tels que furoncles, anthrax, les effets curatifs obtenus de l'endococcine ont été de tous points identiques à ceux que procure la vaccinothérapie, encore que nos essais n'aient porté que sur des cas très sévères ou qui avaient déjà résisté depuis longtemps aux médications habituelles. En conséquence, dans la pratique de la bactériothérapie antistaphylococcique, les extraits microbiens solubles peuvent être, pour la

---

([1]) L'un de nous a déjà utilisé l'antigène colibacillaire dans la recherche de l'hypersensibilité dans les appendicites (*Bulletin de la Société de Chirurgie*, 12 mars 1919, p. 468).

commodité et la sûreté de leur emploi, heureusement substitués aux antigènes couramment employés jusqu'alors.

De même, l'extrait staphylococcique utilisé dans le traitement d'affections d'apparence tout étrangères à la staphylococcie, procure dans l'ensemble, les mêmes bons effets curatifs *immédiats* que l'on enregistre dans les états spécifiques. On serait, en conséquence, tenté de considérer sans réserves comme indifférents les résultats de la bactériothérapie. Le choix de l'antigéne semblerait ici secondaire et paraîtrait dès lors, devoir être employé, de préférence à tous autres, dans la recherche des *résultats immédiats*, les produits bactériens les plus stables, les plus constants et les plus aisément solubles.

Si, cessant de considérer exclusivement le bénéfice acquis sans délai par le malade, on recherche une action plus lointaine de la bactériothérapie et, notamment, si l'on entend éviter les récidives si fréquentes des staphylococcies, l'extrait microbien se révèle nettement inférieur à l'antigène total si, surtout, on emprunte celui-ci au malade lui-même. L'autovaccination telle que la conseillait Wright s'est entre nos mains montrée incomparablement supérieure à l'usage de l'extrait endococcique qui, nous y insistons, présente d'un tout autre point de vue un égal intérêt.

La question de la spécificité et du mécanisme de la bactériothérapie n'est donc point entièrement jugée ainsi que certains l'estiment. Il apparaît bien qu'il convient de distinguer en cette matière entre les résultats immédiats de l'intervention et ses conséquences éloignées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Mécanisme de la mort dans le cas d'œdème pulmonaire aigu causé par l'inspriation de vapeurs ou de gaz nocifs.* Note de MM. **André Mayer**, **H. Magne** et **L. Plantefol**, présentée par M. Henneguy.

Dans une série de Notes précédentes, nous avons montré que, lorsqu'une vapeur ou un gaz nocif pénètre par inspiration jusqu'au niveau des alvéoles pulmonaires, après avoir provoqué diverses réactions réflexes, il détermine des lésions dont la plus frappante est l'œdème pulmonaire. C'est un phénomène analogue à celui que produit la brûlure du poumon par la vapeur d'eau bouillante au cours des accidents de chaufferie.

I. *Quantité de transsudat passé dans les alvéoles pulmonaires.* — On peut chercher à apprécier l'intensité de l'œdème non seulement par

l'examen histologique, mais directement. Nous avons observé que si l'on découpe un poumon atteint, en fragments de 1^{cm} de côté environ et qu'on place les fragments dans les tubes d'un appareil centrifugeur à grande vitesse (10000 tours par minute), la centrifugation permet d'extraire presque complètement le transsudat du tissu pulmonaire. On peut alors les peser séparément. Or, dans le cas de brûlure du poumon ou d'action des gaz dits *suffocants*, on trouve que la quantité de transsudat produite est considérable : elle peut atteindre jusqu'à 60 pour 100 du poids total du poumon.

II. *Composition du transsudat. Comparaison avec le plasma sanguin.* — Le transsudat ainsi extrait est un liquide clair dont on peut comparer la composition avec celle du sang recueilli au moment où l'on sacrifie le sujet en expérience. Nous avons fait avec M. Morel une cinquantaine de ces analyses en expérimentant sur des chiens et des lapins. Dans tous les cas, nous avons trouvé que la composition du transsudat ressemble beaucoup à celle du plasma sanguin : il en contient tous les éléments caractéristiques, et dans une proportion qui se trouve comprise entre les limites de leurs variations physiologiques : eau ; albumines coagulables et notamment fibrinogène et globulines; sels et particulièrement chlorure de sodium et phosphates; phosphatides; cholestérine. Il contient vraisemblablement peu de graisses neutres. Mais on y trouve du glucose en proportion plus forte que dans le plasma, et aussi plus d'urée, d'ammoniaque et d'éléments azotés non protéiques. Ces dernières propriétés rapprochent la composition du transsudat de celle de la lymphe.

III. *Retentissement de l'œdème pulmonaire aigu.* — On s'est demandé si la lésion du poumon n'avait pas pour effet la formation de produits toxiques dont la présence dans le sang entraînerait la mort du sujet. En fait, après établissement de l'œdème, soit par brûlure par la vapeur d'eau, soit par action de gaz nocifs, il n'y a pas de signes d'intoxication secondaire. C'est le trouble apporté à la fonction respiratoire qui détermine tous les symptômes. On ne constate aucune action directe sur le système nerveux, aucune altération de l'hémoglobine du sang, aucune lésion profonde des organes assurant le métabolisme (foie, rein). Les seules modifications observées sont sous la dépendance de la sortie du transsudat (polyglobulie et, en conséquence, augmentation de la capacité respiratoire du sang), ou de l'asphyxie (hyperglycémie, diminution passagère de la concentration maxima à laquelle peut s'éliminer l'urée, sans modification de la constante uréosécrétoire).

IV. *Mécanisme de la mort par œdème aigu.* — C'est donc uniquement par son action sur les échanges respiratoires que l'œdème est nocif ; nous avons cherché à préciser par quel mécanisme.

1° Lorsque l'œdème est constitué, on constate que *les échanges respiratoires diminuent progressivement.* Voici deux exemples empruntés à des expériences d'inhalation de chlore et de phosgène chez le Lapin.

	Durée de l'inhalation.	Ventilation litres en 5'.	O^2 consommé en 5'.	CO^2 produit en 5'.
I	147	3,66	104,0	83,2
I	187	3,91	46,6	46,6
I	207	0,46	3,9	5,06
II	15	6,83	109	91
II	30	6,62	94	87
II	37	6,79	54	75
II	45	2,24	15	20

2° *Dans le sang* de l'animal, lorsque l'œdème est constitué, *la teneur en CO^2 augmente très peu, mais la teneur en O^2 diminue progressivement.* — En voici un exemple :

Temps en minutes.	Ventilation.	O^2 pour 100^{cm^3}.	CO^2 par 100^{cm^3}.
0	0,888		
3		16,05	33,2
4	0,770		
6		Début de l'inhalation	
10	0,780		
25	0,930		
27		16,10	37,8
47	2,400		
48		17,94	28,3
65	2,600		
66		16,60	27,4
78	1,750	9,32	26,0
82	1,240		
83		7,7	33,8
86	0,950		
89		4,5	28,5
96		0,11	31,8
98		mort	

Tout se passe donc comme si le poumon *devenait graduellement imperméable à l'oxygène, non à l'acide carbonique.*

Or, 3°, si l'on examine la composition du *liquide d'œdème*, on voit qu'il contient *à peu près la même proportion de* O^2 *et de* CO^2 *que le plasma*. Par exemple, le sang contenant en CO^2 pour 100^{cm^3}

35,6 — 28 — 37,4 — 34,2 — 32,6 — 21,8 — 35,4,

le liquide d'œdème contenait

36,2 — 28 — 43 — 34,2 — 26,3 — 35,7 — 42,3.

Ces faits éclairent le mécanisme de la mort par l'œdème aigu du poumon. C'est toujours entre le plasma et l'air alvéolaire que se font les échanges; tout se passe comme si la présence d'œdème augmentait l'épaisseur de la couche liquide qu'ont à franchir les gaz pour atteindre le sang circulant. L'acide carbonique, très soluble dans ces liquides, peut en traverser rapidement une épaisseur considérable, qui s'oppose, au contraire, au passage de l'oxygène. La fixation suffisamment rapide d'oxygène sur les hématies n'est plus assurée, et nous avons constaté qu'il est même impossible de l'améliorer sensiblement en faisant respirer au sujet de l'oxygène pur. Même dans ce cas, au moment de la mort, le sang est très pauvre en oxygène.

A 16 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUIN 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le triste devoir de vous annoncer la mort d'un de nos Correspondants les plus illustres, M. **Auguste Righi**, professeur de physique à l'Université de Bologne.

Le professeur Righi est un des premiers physiciens de notre époque; il a porté son activité sur les sujets les plus variés et son nom est mêlé à toutes les grandes questions de philosophie naturelle soulevées dans les dernières années. Sur les points qu'il a abordés, il a imposé sa marque, à la fois originale et profonde.

Il découvre l'accroissement de résistivité subi par le bismuth dans un champ magnétique, ce qui conduit à un procédé de mesure du champ magnétique.

Il institue une remarquable série d'expériences qui révèle les points communs multiples du rayonnement hertzien et du rayonnement lumineux, et c'est dans son laboratoire, sous sa direction, que M. Marconi a fait ses premiers essais de télégraphie sans fil.

Les aspects si variés et si curieux de l'étincelle électrique et leur explication par les ions et électrons l'ont beaucoup occupé, et, dans ces dernières années, il s'est attaché aux phénomènes singuliers que présente l'étincelle sous l'influence d'un champ magnétique. Pour les expliquer, il admet des modalités très diverses dans l'action mutuelle d'un ion positif et d'un électron négatif. Il admet que les deux corpuscules, rapprochés par leur attraction mutuelle, tournent souvent l'un autour de l'autre, comme

les composantes d'une étoile double. Le système binaire ainsi formé est électriquement neutre, mais exerce et subit des actions magnétiques; il y a là une idée profonde qui sera retenue.

Tout récemment, il a fait une critique très serrée de la célèbre expérience de Michelson et Morney, qui est la base de plusieurs théories et, en particulier, de la théorie de la relativité. Il a montré que son interprétation était à certains égards fort délicate.

Sa perte sera vivement ressentie parmi nous. Il aimait beaucoup notre pays dont il parlait fort bien la langue, et il adressait régulièrement à nos *Comptes rendus* le résumé de ses découvertes; récemment, son nom était mis en avant pour une place d'Associé.

L'Académie, qui est fortement atteinte adresse ses sincères condoléances à la famille du défunt et à la Science italienne.

J'apprends à l'instant un autre décès remontant à une date plus éloignée. M. **Schwendener**, Associé étranger de notre Académie, est mort à Berlin le 27 mai 1919.

Je rappelle brièvement que M. Schwendener a, comme naturaliste, une célébrité mondiale due à ses beaux travaux sur l'anatomie des végétaux et, en particulier, des algues et lichens; il a, l'un des premiers, contribué à établir la théorie algolichenique.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE ET HYDRAULIQUE. — *Cartes des réseaux de distribution électrique de France. Travaux du Comité technique de la Société hydrotechnique de France.* Note de M. **A. Rateau.**

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la carte des réseaux de distribution électrique de France qui vient d'être établie par un des Comités de la Société hydrotechnique.

Avant de parler de la carte elle-même, je donnerai quelques indications sur la Société hydrotechnique et sur les organismes qu'elle a institués; nous verrons ainsi un excellent exemple de collaboration entre la Science et l'Industrie. Fondée en 1912, cette Société continue les travaux de la Commission d'essai des turbines qui avait été créée en 1902; son but est d'étudier toutes les questions qui se rapportent à l'aménagement et à l'utilisation des chutes d'eau. Elle a groupé des industriels et des savants désintéressés en un Comité technique, qui est chargé d'élaborer les programmes d'expériences, et de diriger les recherches scientifiques et techniques. Les fonds

nécessaires sont fournis par la Société, et aussi par des subventions de l'État et de la Chambre syndicale des Forces hydrauliques.

Deux stations d'essais, établies l'une à Grenoble, l'autre à Toulouse, d'accord avec les Universités de ces deux villes, sont mises à la disposition des industriels pour le tarage de leurs instruments de mesure et l'examen ou la réception sur place des installations hydrauliques. De plus, un important laboratoire est édifié à Beauvert, près de Grenoble, dans lequel on pourra réaliser des expériences dans les conditions même de la pratique industrielle.

Voici un aperçu succinct des travaux exécutés déjà par le Comité technique et par l'ancienne Commission des turbines.

Après avoir étudié les divers procédés de mesure des débits pour la prospection des chutes et la surveillance des turbines, on a abordé le problème très complexe des coups de bélier; à la suite de recherches de plusieurs de ses membres, les résultats analytiques trouvés ont été vérifiés expérimentalement à l'usine d'Allevard, d'abord, au laboratoire de Toulouse et à l'usine de Soulom, ensuite. C'est ainsi que revient à la Science française le mérite d'avoir précisé les indications nécessaires, pour que les canalisations des hautes chutes soient établies dans les meilleures conditions de sécurité et d'économie.

Actuellement, des études sont en cours sur la mesure des grands débits, celle des pertes de charge, celle des rendements des machines, sur le régime des grandes turbines, etc.

En dehors de ces travaux de technique pure, le Comité a établi trois cahiers des charges types, relatifs à la fourniture des turbines hydrauliques, aux conduites forcées en métal, et aux conduites en béton armé. Un autre, sur les génératrices accouplées aux turbines hydrauliques, est en préparation avec la collaboration de l'Union des Syndicats de l'Électricité.

Préoccupé depuis longtemps de la question du charbon, le Comité technique a mis à son ordre du jour la substitution de l'énergie hydraulique à l'énergie thermique partout où cela serait avantageux et possible, et a confié, au début de 1917, l'étude de cette question, si grave pour le pays, à une Commission, dite *des Réseaux*. Composée de savants, d'ingénieurs électriciens et de représentants de la Société hydrotechnique, cette Commission s'est posé le problème dans toute sa généralité; elle a envisagé :

1° L'unification des types de courants et celle des voltages;

2° La recherche de la limite au delà de laquelle il n'y a plus d'intérêt économique à transporter l'énergie;

3° Les procédés de liaison des réseaux voisins entre eux, dans les meilleures conditions de sécurité et d'économie;

4° Enfin, elle a décidé d'établir une carte générale des réseaux électriques existant en France.

Cette carte, au $\frac{1}{200000}$, se composera de 84 feuilles, 6 seulement ne sont pas encore faites. Ce sont les 78 premières qui sont offertes à l'Académie.

Dans un but de clarté, on n'a porté sur la carte que les noms des localités desservies, l'emplacement des usines et le tracé des lignes de transport et de distribution. Elle indique la puissance de chaque usine, sa nature, thermique ou hydraulique, la nature du courant, sa tension, sa fréquence dans le cas des courants alternatifs.

Comme les réseaux électriques sont sujets à des extensions et à des transformations incessantes, on a adopté un mode de reproduction qui permet de tenir constamment à jour les cartes livrées au public. On emploie à cet effet le procédé de tirage industriel utilisé dans les bureaux de dessin. Les minutes sont révisées et complétées au fur et à mesure que parviennent les renseignements, et, chaque fois qu'une feuille est demandée, on procède à un tirage spécial de la minute rectifiée. Ce tirage est fait sur un papier transparent, de façon qu'on puisse superposer une feuille quelconque à la feuille correspondante de la Carte d'État-major, et suivre sur celle-ci les détails orographiques et géographiques qu'elle n'indique pas.

Les documents qui ont servi à l'établissement des minutes proviennent du Ministère des Travaux publics, de celui de l'Agriculture, de l'Union des Syndicats de l'Électricité (Syndicat des producteurs et distributeurs), et surtout des industriels eux-mêmes.

Deux sortes de tirages sont exécutés, l'un en noir, l'autre en couleur, dans lequel les lignes d'un réseau sont teintées de même. Les différentes entreprises, au nombre de plus de 1200, sont distinguées les unes des autres par des numéros d'ordre, et, au bas de chaque feuille, on trouve une liste des entreprises figurant sur la feuille.

Enfin la Société a fait une réduction, à l'échelle de $\frac{1}{5000000}$, divisée en quatre feuilles seulement, qui donne une vue d'ensemble nette et claire de la totalité des réseaux français.

Un exemplaire de cette Carte est aussi remis à l'Académie au nom de la Société hydrotechnique.

L'œuvre importante que je signale sera utile à tous ceux qui s'occupent des distributions d'électricité : services publics, installateurs de centrales et consommateurs.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Détermination des congruences* C *et des congruences* 20 *qui appartiennent à un complexe linéaire.* Note de M. C. GUICHARD.

Dans ma Note du 10 mai, j'ai indiqué une propriété des éléments de direction d'une congruence appartenant à un complexe linéaire; je vais présenter cette propriété sous une autre forme, plus commode pour l'application que je vais traiter.

Soient D une droite qui décrit une congruence rapportée à ses développables; X_1, X_2, X_3 les paramètres directeurs de D et

$$\frac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v} = \frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}\frac{\partial X}{\partial u} + \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}\frac{\partial X}{\partial v} + hX \tag{1}$$

l'équation de Laplace qui admet comme relations X_1, X_2, X_3. On a le résultat suivant :

Pour qu'il existe une congruence parallèle à D *appartenant à un complexe linéaire dont l'axe est le troisième axe de coordonnées, il faut et il suffit que l'une ou l'autre des deux conditions équivalentes*

$$X_1\frac{\partial X^2}{\partial u} - X_2\frac{\partial X_1}{\partial v} = h^2 U, \tag{2}$$

$$X_1\frac{\partial X_2}{\partial v} - X_2\frac{\partial X_1}{\partial v} = l^2 V \tag{3}$$

soit satisfaite; U représente une fonction de u, V une fonction de v.

Tout d'abord, on voit facilement que X_1 et X_2 étant des relations de l'équation (1), les conditions (2) et (3) sont équivalentes.

Ensuite les conditions (2) et (3) subsistent si l'on multiplie les paramètres de D par un même facteur. Il suffit donc de vérifier l'une de ces équations par un choix particulier de ces paramètres. En prenant pour paramètres de D les paramètres V normaux ξ_1, ξ_2, ξ_3 de la première tangente du premier réseau focal de (D) j'ai obtenu la condition

$$\eta_1\xi_2 - \eta_2\xi_1 = n$$

qui donne

$$\xi_1\frac{\partial \xi_2}{\partial v} - \xi_2\frac{\partial \xi_1}{\partial v} = -n^2,$$

on sait que les ξ sont solutions de l'équation

$$\frac{\partial^2\xi}{\partial u\,\partial v}=\frac{1}{n}\frac{\partial u}{\partial u}\frac{\partial\xi}{\partial v}+mn\xi,$$

on voit que la condition (3) est bien satisfaite.

Ce point étant établi, je vais supposer

$$X_1=i,\qquad X_2=X,\qquad X_3=\theta.$$

Dans l'équation (1), R sera nul. On a ensuite

$$h^2 U=i\frac{\partial X}{\partial u},\qquad l^2 V=i\frac{\partial X}{\partial v};$$

d'où

$$\frac{1}{h}\frac{\partial h}{\partial v}=\frac{1}{2}\frac{\dfrac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial X}{\partial u}},\qquad \frac{1}{l}\frac{\partial l}{\partial u}=\frac{1}{2}\frac{\dfrac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial X}{\partial v}},$$

θ satisfait donc à l'équation

$$(4)\qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v}=\frac{1}{2}\frac{\dfrac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial X}{\partial u}}\frac{\partial\theta}{\partial u}+\frac{1}{2}\frac{\dfrac{\partial^2 X}{\partial u\,\partial v}}{\dfrac{\partial X}{\partial v}}\frac{\partial\theta}{\partial v}.$$

Si donc X est une fonction arbitraire de u et v, θ une solution de l'équation (4), on pourra, à l'aide d'une seule quadrature, déterminer une congruence, rapportée à ses développables, appartenant au complexe; les paramètres de la droite décrivante étant i, X, θ.

Cela posé, je vais chercher dans quels cas cette congruence est une congruence C. En appliquant le critérium que j'ai donné pour la congruence C, on a

$$-1+X^2+\theta^2=\frac{\partial X}{\partial u}U+\frac{\partial X}{\partial v}V.$$

En choisissant convenablement les variables u et v, on peut réduire les fonctions U et V à -1; on a donc

$$(5)\qquad X^2+\theta^2+\frac{\partial X}{\partial u}+\frac{\partial X}{\partial v}=1.$$

En écrivant que la valeur θ fournie par l'équation (5) est une solution de l'équation (4), on obtiendra une équation aux dérivées partielles du troisième ordre pour déterminer la fonction X. Mais cette équation ne donne pas immédiatement la propriété géométrique des systèmes consi-

dérés. Je vais transformer le résultat obtenu. On sait que, si l'on considère un déterminant o d'ordre 4,

$$\Delta = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4 \\ \eta_1 & \eta_2 & \eta_3 & \eta_4 \end{vmatrix}.$$

Les conditions nécessaires et suffisantes, pour que les quatre fonctions x_4, y_4, ξ_4, η_4 soient les éléments d'une même colonne de Δ, sont les suivantes :

1° $$x_4^2 + y_4^2 + \xi_4^2 + y_4^2 = 1;$$

2° Les fonctions x_4 et y_4 doivent être solution de l'équation

$$(6) \qquad \frac{d^2 u}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{\xi_4} \frac{\partial \xi_4}{\partial v} \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{1}{y_4} \frac{\partial y_4}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial v}.$$

On voit que les quatre fonctions

$$x_4 = X, \qquad y_4 = \theta, \qquad \xi_4 = \sqrt{\frac{\partial X}{\partial u}}, \qquad \eta_4 = \sqrt{\frac{\partial X}{\partial v}},$$

sont les éléments d'un déterminant o d'ordre 4.

Ce déterminant est caractérisé par ce fait que

$$(7) \qquad a = \xi_4, \qquad b = y_4,$$

et, par suite, $m = n$.

On sait que x_1, x_2, x_3, x_4 sont solutions de l'équation

$$\frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{a} \frac{\partial a}{\partial v} \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{1}{b} \frac{\partial b}{\partial u} \frac{\partial x}{\partial v},$$

qui est identique à l'équation (6) et qui peut s'écrire

$$(8) \qquad \frac{\partial^2 x}{\partial u\, \partial v} = \frac{1}{2} \frac{\frac{\partial^2 x_4}{\partial u\, \partial v}}{\frac{\partial x_4}{\partial u}} \frac{\partial x}{\partial u} + \frac{1}{2} \frac{\frac{\partial^2 x_4}{\partial u\, \partial v}}{\frac{\partial x_4}{\partial v}} \frac{\partial x}{\partial v}.$$

Cette équation (8) admet les solutions

$$i, \quad x_4, \quad x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad y_4.$$

Il en résulte qu'on peut obtenir des congruences appartenant au complexe

en prenant comme paramètres directeurs de la droite décrivante

1° $i, \; x_4, \; y_4,$

2° $i, \; x_4, \; x_1.$

Dans le premier cas, on a une congruence C; dans le deuxième, une congruence 20; les coordonnées complémentaires étant x_2 et x_3, donc:

La recherche des congruences C *ou des congruences* 20, *qui appartiennent à un complexe linéaire, revient à trouver un déterminant* o *d'ordre* 4 *satisfaisant aux conditions* (7).

Je pose maintenant

$$X_1 = \frac{x_1}{1+x_4}, \qquad X_2 = \frac{x_2}{1+x_4}, \qquad X_3 = \frac{x_3}{1+x_4}.$$

Le point $M(X_1, X_2, X_3)$ décrit une surface (S) rapportée à ses lignes de courbure. On trouve facilement le ds^2 de cette surface. On obtient

$$ds^2 = \frac{\frac{\partial x_4}{\partial u}}{(1+x_4)^2} du^2 + \frac{\frac{\partial x_4}{\partial v}}{(1+x_4)^2} dv^2.$$

Ce qui est de la forme

$$ds^2 = \frac{\partial \varphi}{\partial u} du^2 + \frac{\partial \varphi}{\partial v} dv^2.$$

On retombe sur des surfaces étudiées par Ribaucour. Le déterminant orthogonal

$$\delta = \begin{vmatrix} \alpha_1, & \alpha_2, & \alpha_3 \\ \beta_1, & \beta_2, & \beta_3 \\ \gamma_1, & \gamma_2, & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

de cette surface est caractérisé par la relation

$$m = n.$$

Pour la surface S, on a

$$2\theta = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = \frac{1-x_4}{1+x_4}.$$

On voit facilement que

$$(9) \qquad ds^2 = -\frac{\partial t}{\partial u} du^2 - \frac{\partial t}{\partial v} dv^2.$$

Quand δ est donné, les surfaces (S) qui satisfont à la condition (9) se déterminent par la résolution d'un système complet. Une fois la surface (S) obtenue, les éléments de Δ s'en déduisent sous forme finie.

On voit facilement qu'on peut généraliser le résultat obtenu; on arrive alors à la conclusion suivante :

La détermination des congruences pC *et celle des congruences* $(p+1)0$, *qui appartiennent à un complexe linéaire, revient, abstraction faite de la résolution d'un système complet, à la détermination des déterminants* 0 *d'ordre* $p+2$, *pour lesquels* $m=n$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des additions métallurgiques sur l'anomalie de dilatabilité des aciers au nickel.* Note (¹) de M. **Ch.-Ed. Guillaume.**

Certaines applications des aciers au nickel rendent désirable l'accroissement, dans ces alliages, des additions métallurgiques au delà des quantités strictement indispensables à leur élaboration, ou l'adjonction de certains métaux augmentant leur aptitude à des emplois particuliers.

Le manganèse, dont une faible quantité est nécessaire au forgeage des lingots, peut être incorporé aux aciers au nickel de composition moyenne jusqu'à une proportion de 8 pour 100 environ, et rend ces alliages propres au moulage.

Le carbone est généralement présent dans la proportion de 0,1 pour 100. On peut, en partant de métaux très purs, descendre au-dessous de cette valeur, ou monter jusque vers 0,5 ou 0,6 pour 100, en vue d'élever la limite élastique des alliages.

Le chrome agit de même sorte sur la limite élastique; il s'allie presque en toutes proportions aux aciers au nickel; mais, à partir de 10 pour 100 environ, le forgeage exige des précautions particulières. Le tungstène ou le vanadium peuvent superposer leurs effets à ceux du chrome.

J'ai fait une étude très détaillée de l'action du manganèse, du chrome et du carbone sur la dilatabilité des aciers au nickel dans tout le domaine des alliages aisément réalisables, en même temps qu'une recherche sommaire avec une seule série d'alliages à 5 pour 100 de cuivre, dont l'intérêt est seulement documentaire.

La caractéristique essentielle des résultats obtenus dans cette étude d'ensemble, qui a porté sur un total de près de deux cents alliages réalisés aux Aciéries d'Imphy, est donnée dans les deux diagrammes ci-joints.

Le point zéro des ordonnées, dans le premier diagramme, figure la

(¹) Séance du 7 juin 1920.

teneur en nickel de l'invar normal, à partir de laquelle l'abscisse du minimum de la dilatabilité, pour les alliages ternaires, se déplace vers les

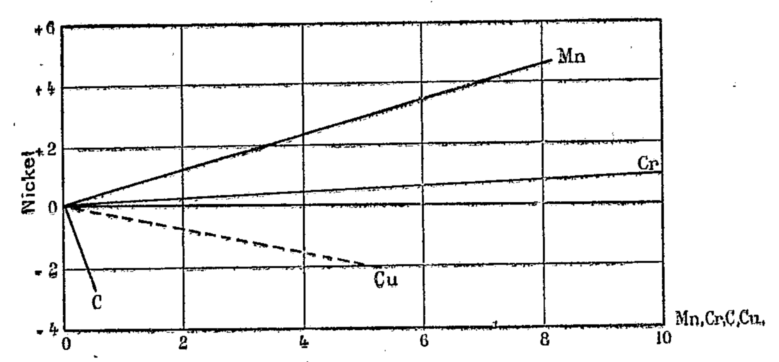


Fig. 1. — Déplacement de l'abscisse du minimum de la dilatabilité des aciers au nickel en fonction de la quantité d'un troisième constituant : manganèse, chrome, carbone, cuivre (abscisses : troisième constituant, en centièmes; ordonnées : déplacement, en nickel pour 100, à partir de la teneur correspondant au minimum dans les alliages normaux).

teneurs en nickel plus élevées (O.Mn, O.Cr) ou plus basses (O.Cu, O.C) pour des quantités d'additions uniformément représentées, en centièmes, par les chiffres des abscisses.

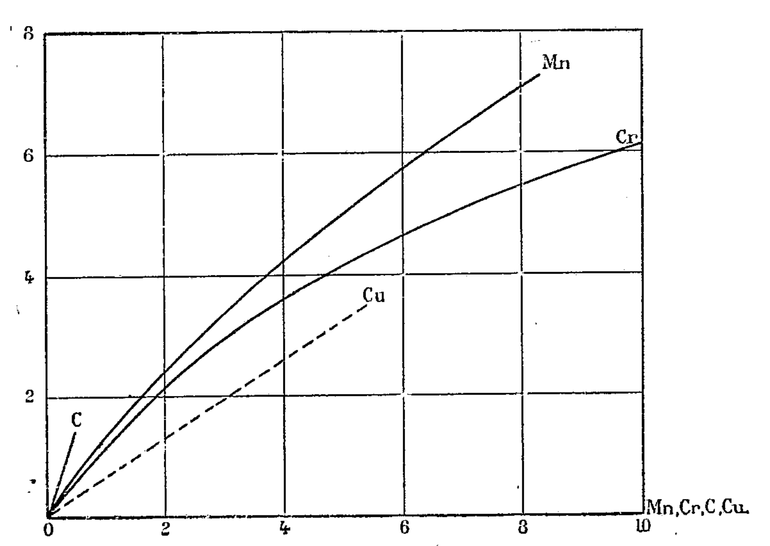


Fig. 2. — Changement du minimum de la dilatabilité dans les aciers au nickel contenant un troisième constituant (abscisses : troisième constituant en centièmes; ordonnées : changement de la valeur de $10^6 \alpha_{20}$ à partir du minimum propre aux alliages normaux).

Les courbes du second diagramme représentent, en fonction des mêmes abscisses que ci-dessus, le changement qu'éprouve la valeur du minimum

de la dilatabilité, également à partir de celle que l'on a trouvée pour l'invar normal. Le déplacement en hauteur se produit toujours dans le sens positif; les additions dont l'action a été étudiée diminuent donc sans exception l'intensité de l'anomalie de dilatabilité dans la région de sa valeur minima. Toutefois, le glissement du minimum vers les hautes ou les basses teneurs en nickel peut, dans les trois séries d'alliages pour lesquelles il est suffisamment rapide (Mn, C, Cu), conduire, dans une région limitée de teneurs située à droite ou à gauche du minimum, à des alliages ternaires un peu moins dilatables que les alliages binaires de même teneur en nickel. Comme compensation, l'élévation est plus considérable dans la région située de l'autre côté du minimum, où l'action du glissement de ce dernier se superpose à la diminution de l'anomalie. Un calcul élémentaire montre que celle-ci se produit, dans tous les cas, avec une vitesse beaucoup plus grande que ne l'indiquerait la règle des mélanges.

Pour le carbone, le glissement du minimum s'accorde suffisamment avec l'hypothèse de la formation de cémentite (Fe^3C); mais, même dans ce cas, une action spécifique de cette dernière peut seule expliquer la rapidité de l'élévation du minimum. Celle-ci est de $0,7.10^{-6}$ pour un millième de carbone, et des mesures de dilatation faites au comparateur permettent d'en garantir aisément le dixième. Si donc les autres constituants de l'alliage sont bien connus, la seule mesure de la dilatabilité permet de fixer la quantité de carbone au dix-millième près, précision qui, pour être atteinte dans les analyses métallurgiques, nécessite des soins extraordinaires.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la fréquence des brouillards dans le Sahara oriental.* Note de M. J. **Tilho**.

Sur les côtes de l'Afrique occidentale, et plus particulièrement sur celles du golfe de Guinée, les mois de décembre et de janvier sont généralement caractérisés par des vents de Nord-Est accompagnés de brouillards persistants que divers observateurs, et notamment Sir William Mac Gregor, gouverneur de Lagos en 1902, ont reconnu être constitués presque uniquement par de fines poussières, paraissant provenir des régions désertiques ou semi-désertiques entourant le lac Tchad.

Au cours de nos voyages en Afrique centrale, nous avons eu de nombreuses occasions d'observer de semblables brouillards, tant sur le Niger, dans le territoire de Zinder et autour du lac Tchad, que dans le Sahara oriental.

Pendant notre séjour dans l'oasis de Faya (Borkou), de 1914 à 1917, nous avons pu constamment nous assurer de leur extrême siccité, comme on peut s'en rendre compte par les observations suivantes, choisies entre un grand nombre d'autres (1) :

Dates et heures d'observations.	Thermomètre sec.	Thermomètre mouillé.	Humidité relative.	Vent.
4 décembre 1914 :				
6^h	18,9	9,1	17	NE, 12 m : s
12	25,8	12,4	12	NE, 15 »
21	21,5	11,8	24	NE, 12 »
5 décembre 1914 :				
6^h	15,3	6,9	19	NE, 18 »
12	21,0	9,8	13	NE, 22 »
21	18,0	8,9	20	NE, 16 »

État de l'atmosphère: Épais brouillard avec visibilité nulle au delà de 300^m à 400^m.

Par leur fréquence et leur durée, ces brouillards secs du Sahara méritent de retenir l'attention, principalement en raison des dangers qu'ils présentent pour la navigation aérienne. Les observations résumées ci-dessous se rapportent au Sahara oriental pour la période comprise entre les mois de mai 1914 et d'avril 1917; elles ont été faites au poste de Faya, trois fois par jour (à 6^h, 12^h et 21^h, heures habituelles de nos observations météorologiques), sous les notations suivantes :

Brouillard épais	visibilité inférieure	à $0^{km},500$
» moyen	» inférieure	à 3
» léger	» supérieure	à 3

Les distances de visibilité étaient évaluées à l'estime, d'après la facilité plus ou moins grande d'apprécier pendant le jour les contours de masses sombres telles que : groupes de rochers, bouquets de palmiers, etc.; pendant la nuit, notre appréciation se basait sur la hauteur approximative à laquelle restaient visibles les étoiles de l'ordre de la troisième grandeur et au-dessus.

Ces observations se résument dans le Tableau ci-après :

(1) Exceptionnellement (deux fois en 3 ans) nous avons enregistré de semblables brouillards par temps relativement humide; la plus caractéristique de ces observations est celle du 24 juillet 1915 à 6^h : thermomètre sec, $26°,7$; thermomètre mouillé, $21°,6$; humidité relative, 62; vent du Sud-Ouest, 3^m à la seconde; *brouillard moyen.*

Mois et années.		Nombre de brouillards observés (¹). Épais.	Moyens.	Total.	Total des observations.	Pourcentage.
1915-16-17.	Janvier	10	32	42	273	15,4
»	Février	29	20	49	257	19,0
»	Mars	13	21	34	279	12,2
»	Avril	24	21	45	245	18,4
1915-16.	Mai	5	13	18	181	10,0
1914-15-16.	Juin	22	26	48	269	18,0
»	Juillet	21	17	38	275	13,8
»	Août	13	12	25	177	9,0
»	Septembre	1	10	11	261	4,2
»	Octobre	4	2	6	263	2,3
»	Novembre	0	8	8	265	3,0
»	Décembre	16	37	53	276	19,2

De l'examen de ce Tableau il ressort nettement qus les brouillards secs, dans le Sahara oriental, sont plus particulièrement fréquents pendant les semestres compris entre le solstice d'hiver et le solstice d'été ; à cette époque de l'année règnent d'une façon régulière des vents de Nord-Est, qui soufflent avec violence et continuité par périodes de plusieurs jours, leur force passant en général par un maximum vers 10^h du matin et par un minimum au moment du coucher du soleil. Par contre, pendant la période d'août à novembre inclus, qui correspond à celle des vents d'Ouest et de Sud-Ouest dans la région saharienne, ces brouillards secs sont relativement rares. Cette remarque peut présenter quelque utilité pour la navigation aérienne.

Il ne nous a pas été possible de mesurer avec une approximation suffisante la hauteur au-dessus du sol à laquelle s'élèvent ces brouillards, car elle dépasse sensiblement celle des rochers du Borkou les plus élevés, c'est-à-dire 250^m à 300^m ; nous n'avons pas eu l'occasion de faire des observations à cet égard lors de notre ascension de l'Emi Koussi (altitude 3400^m), cette reconnaissance ayant été faite en septembre 1915 par temps clair.

Il est à noter toutefois que ces brouillards n'arrivent généralement pas à voiler complètement le soleil, ni les étoiles au-dessus de la troisième grandeur (dans un cercle de 30 à 40 degrés autour du zénith). Ils se lèvent presque toujours très rapidement sous l'influence d'un coup de vent et

(¹) Il n'est pas tenu compte dans ces chiffres des *brouillards légers* considérés comme peu gênants soit pour les travaux topographiques, soit pour la navigation aérienne.

persistent aussi longtemps que la vitesse du vent reste supérieure à 8^m ou 10^m à la seconde; au-dessous de cette vitesse, on n'enregistre, en général, que des brouillards légers. Dès que le vent s'apaise, les poussières descendent vers le sol et l'atmosphère s'éclaircit graduellement ; pendant les périodes de calme, la transparence de l'air devient souvent comparable à celle que l'on peut observer sous nos climats aux jours les plus favorables, la visibilité dépasse alors couramment de 100^{km} à 120^{km}.

Tempêtes de sable. — On désigne habituellement sous ce nom au Sahara de véritables ouragans soulevant d'épais tourbillons de sable et capables d'ensevelir en peu de temps de menus objets, tels que boîtes, ustensiles de campement, etc. On peut voir courir sur le sol de petits cailloux de la grosseur d'une noisette, tandis qu'à la hauteur d'homme passent en rafales des volées de menus cristaux de quartz donnant au visage une désagréable sensation de piqûres, sensation qui s'atténue vers 3^m de hauteur.

Pendant ces rafales on observe souvent une électrisation très nette des corps conducteurs isolés du sol; c'est ainsi par exemple que les raccords de cuivre de nos montants de tente nous donnaient des étincelles dépassant 1^{mm} et notre fil d'antenne de T. S. F., long de 120^m à 150^m, des étincelles de près de 1^{cm}.

Brouillards opaques. — Dans certaines régions sahariennes où le sol inconsistant est constitué par des dépôts de poussière meubles et ténus comme de la cendre ou de la farine, les brouillards secs atteignent pendant les tempêtes de sable une telle épaisseur que la visibilité devient nulle à moins d'une dizaine de mètres : les convois et caravanes courent alors de grands dangers; en 1916 un de nos guides toubous connaissant admirablement la région, effectuant avec sa femme et ses enfants le voyage du Kanem au Borkou, fut surpris par une tempête de sable à proximité du puits de Manherté où il devait se ravitailler en eau; pendant 3 jours le brouillard fut si intense que la malheureuse caravane, errant autour du puits sans pouvoir le trouver, mourut de soif à moins d'une heure de marche de ce point d'eau. Il résulte de nos observations qu'il y aurait le plus grand intérêt à tous égards et notamment au point de vue de la navigation aérienne transsaharienne, à faire étudier méthodiquement ces brouillards secs; pour cela, il serait nécessaire que les services météorologiques de l'Afrique française, septentrionale, occidentale et équatoriale soient dotés plus largement que par le passé des crédits et du matériel indispensables, ainsi que d'un personnel suffisant et compétent.

ÉLECTIONS.

En remplacement de M. *Zeuthen*, décédé, M. **Ch. Riquier**, à Caen, est élu Correspondant pour la Section de Géométrie par 36 voix contre 6 à M. Émile Fabry.

En remplacement de Sir *J. J. Thomson*, élu Associé étranger, M. **Pierre Weiss**, à Strasbourg, est élu Correspondant pour la Section de Physique générale par 32 voix contre 4 à M. Charles Fabry et 4 à Sir Ernest Rutherford.

CORRESPONDANCE.

M. **Heike Kamerlingh Onnes**, élu Correspondant pour la Section de Physique générale, adresse des remercîments à l'Académie.

Mme **Tissot** offre à l'Académie, pour la bibliothèque de l'Institut, les cahiers d'expériences de son mari feu M. le commandant Tissot.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance : *Notice sur M. Jean Résal*, par MM. Colson, Séjourné et Pigeaud.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la déformation projective des surfaces.* Note (¹) de M. **E. Cartan**, présentée par M. E. Goursat.

M. G. Fubini a défini ce qu'il appelle *l'applicabilité projective* de deux surfaces dans un Mémoire des *Rendiconti del Circ. Mat.* de Palerme (t. 41, p. 135-162), sur lequel mon attention a été récemment attirée dans une

(¹) Séance du 31 mai 1920.

séance du Séminaire de M. Hadamard. Deux surfaces sont *projectivement applicables*, au sens de M. G. Fubini, si l'on peut établir entre elles une correspondance ponctuelle telle que deux portions infiniment petites correspondantes des deux surfaces soient projectivement égales aux infiniment petits près du *troisième* ordre (si l'on se bornait au second ordre, la notion de déformation projective se réduirait à la notion banale de déformation de l'*Analysis situs*). M. G. Fubini a démontré que la condition nécessaire et suffisante d'applicabilité pour deux surfaces est la possibilité de transformer une certaine forme différentielle fractionnaire attachée à la première surface dans la forme analogue attachée à la seconde surface. Cette forme différentielle, qui joue ainsi un rôle analogue au ds^2 dans la théorie de la déformation de Gauss, est un invariant projectif, quotient d'une forme cubique par une forme quadratique : celle-ci, égalée à zéro, donne les lignes asymptotiques ; celle-là égalée à zéro, donne les lignes de Darboux-Segre.

Le théorème de M. Fubini, malgré son grand intérêt, ne fournit qu'une manière de *poser* le problème de la déformation projective. Outre que la forme différentielle dont il est question plus haut s'évanouit pour les quadriques et les surfaces développables, ce théorème laisse entier le problème de la recherche des surfaces projectivement applicables sur une surface donnée ; il laisse même entière la question préjudicielle de savoir *si de telles surfaces existent.*

J'ai appliqué au problème de M. G. Fubini les méthodes dont je me suis servi (*Bull. Soc. math.*, t. 44, p. 65-99; t. 45, p. 57-121 ; t. 46, p. 84-105) pour étudier la déformation des hypersurfaces dans l'espace euclidien et l'espace conforme. Je demande à l'Académie la permission d'exposer brièvement les résultats auxquels je suis arrivé .Je me bornerai dans cette Communication aux surfaces *non réglées.*

Le premier résultat fondamental est que *les surfaces non réglées projectivement déformables sont des surfaces exceptionnelles.* Elles dépendent de six fonctions arbitraires d'un argument. Le système différentiel qui les définit admet six familles de caractéristiques, dont deux familles doubles et deux familles simples. Les familles doubles sont formées des lignes asymptotiques des surfaces intégrales. Les deux familles simples constituent sur chaque surface intégrale un *réseau conjugué*, caractérisé par une propriété cinématique importante. Imaginons qu'on *déplace projectivement* la surface intégrale (S) de manière que : 1° les différents points M d'une courbe (C) de (S) viennent successivement coïncider avec les points correspondants M' d'une

surface (S') déformée de (S); 2° qu'à chaque instant la portion de (S) infiniment voisine de M soit en coïncidence aux infiniment petits près du troisième ordre avec la portion correspondante de (S'). *La courbe* (C) *sera une caractéristique* (autre qu'une ligne asymptotique) *si à chaque instant les tangentes aux trajectoires des différents points de l'espace, considérés comme invariablement liés (d'une manière projective) à* (S), *rencontrent toutes la tangente en* M *à la courbe* (C).

Je conviendrai dans ce qui suit de donner aux réseaux conjugués dont il vient d'être question le nom de *réseaux conjugués de déformation projective.*

Le deuxième résultat fondamental est que *si une surface non réglée est projectivement déformable, ces surfaces déformées forment une famille continue dépendant de trois constantes arbitraires au plus* (indépendamment de la position dans l'espace projectif); à chaque réseau conjugué de déformation projective correspond une famille de surfaces déformées dépendant d'un paramètre.

Dans le cas général, une surface projectivement déformable n'admet qu'un réseau conjugué de déformation projective. On peut alors, par trois quadratures, obtenir simultanément les équations finies des lignes asymptotiques, des lignes de Darboux-Segre et du réseau conjugué de déformation projective.

Plus intéressantes sont les surfaces qui admettent ∞^2 réseaux conjugués de déformation projective. Les quatre coordonnées homogènes d'un point d'une de ces surfaces considérées comme fonctions des deux paramètres ξ, η des lignes asymptotiques, sont quatre solutions linéairement indépendantes du système complètement intégrable d'équations aux dérivées partielles linéaires suivant :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \theta^2}{\partial \xi^2} &- \frac{\sqrt{X}}{x-y}\frac{\partial \theta}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{1-2c}}\frac{\sqrt{X}}{x-y}\frac{\partial \theta}{\partial \eta} \\ &- \frac{1}{1-2c}\left[\frac{3}{2}c\frac{X}{(x-y)^2} - \frac{1}{2}c\frac{X'}{x-y}\right. \\ &\qquad \left. + \frac{c}{480}x^4 X^{\text{VI}}(0) + \frac{c}{120}x^3 X^{\text{V}}(0) + k_1 x^2 + k_2 x + k_3\right]\theta = 0,\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} &+ \frac{\sqrt{Y}}{x-y}\frac{\partial \theta}{\partial \eta} - \frac{1}{\sqrt{1-2c}}\frac{\sqrt{Y}}{x-y}\frac{\partial \theta}{\partial \xi} \\ &- \frac{1}{1-2c}\left[\frac{3}{2}c\frac{Y}{(x-y)^2} - \frac{1}{2}c\frac{Y'}{x-y}\right. \\ &\qquad \left. + \frac{c}{480}y^4 Y^{\text{VI}}(0) + \frac{c}{120}y^3 Y^{\text{V}}(0) + k_1 y^2 + k_2 y + k_3\right]\theta = 0.\end{aligned}$$

Dans ces équations les lettres c, k_1, k_2, k_3 désignent des constantes; les lettres X et Y désignent deux fonctions dépendant respectivement des variables x et y liées à ξ et η par les relations

$$\xi = \int \frac{dx}{\sqrt{X}}, \qquad \eta = \int \frac{dy}{\sqrt{Y}};$$

si $c = 0$, les deux fonctions X et Y sont *arbitraires;* si $c \neq 0$, ce sont deux polynomes entiers du sixième degré au plus ayant les mêmes coefficients. On passe d'une de ces surfaces aux surfaces déformées en conservant les fonctions X et Y, ainsi que la constante c, mais en faisant varier les constantes k_1, k_2, k_3. Les équations des lignes de Darboux-Segre sont

$$\frac{dx^3}{X} = \frac{dy^3}{Y}$$

et celles des réseaux conjugués de déformation projective sont

$$(k_1 x^2 + k_2 x + k_3)\frac{dx^2}{X} = (k_1 y^2 + k_2 y + k_3)\frac{dy^2}{Y}.$$

Les équations aux dérivées partielles écrites ci-dessus deviennent illusoires si $c = \frac{1}{2}$. A ce cas limite correspondent des équations qui font intervenir deux polynomes du troisième degré au plus.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les droites spéciales de contact des hélices générales.* Note (¹) de M. J. **Andrade**.

I. Sous le nom de droite de contact d'une courbe gauche, j'ai envisagé autrefois (²) toute droite qui, invariablement liée au trièdre fondamental de la courbe gauche considérée, admet une courbe enveloppe.

Toute courbe gauche admet une première classe de droites de contact évidente *a priori* et bien connue, à savoir : les parallèles à sa tangente qui sont tracées dans le plan de sa tangente et de sa binormale, chacune de ces droites touche *actuellement* son enveloppe au point où la droite considérée coupe *actuellement* l'axe instantané du déplacement d'orientation du trièdre par rapport à son sommet M pris comme pivot.

(¹) Séance du 7 juin 1920.
(²) *Comptes rendus*, t. **122**, 1896, p. 1110.

Toute autre droite de contact, *droite spéciale de contact*, ne peut appartenir qu'à une courbe gauche dont les deux courbures (p, torsion; et r, courbure) sont liées par une relation de la forme

$$(1) \qquad Pp^2 + Qpr + Rr^2 + Sp + Tr = 0,$$

relation dépendant de 4 constantes et qui devra être identifiable (*lorsque aucune des deux courbures n'est constante*) à l'équation de même forme fournie par l'existence d'une droite spéciale de contact et qui est

$$(2) \qquad A\alpha p^2 + (A\gamma + C\alpha)pr + C\gamma r^2 + \alpha\gamma r + (\alpha^2 - 1)p = 0;$$

formule, où par rapport au trièdre fondamental (Mx, tangente; My, normale principale; Mz binormale) α, β, γ sont les cosinus directeurs de la droite de contact passant par un point donné dont les coordonnées relatives sont x_0, y_0, z_0; et où l'on a fait :

$$A = \gamma y_0 - \beta z_0; \qquad C = \beta x_0 - \alpha y_0;$$

l'identification fournit alors un nombre limité de droites spéciales de contact.

II. Dans la Note précitée j'avais indiqué une classification extrêmement sommaire des courbes gauches qui admettent des droites spéciales de contact en nombre infini et mentionné l'hélice tracée sur un cylindre quelconque. Cette mention est trop brève car les droites de contact de l'hélice générale forment une remarquable congruence qu'il importe de préciser. Si dans la relation (2) nous faisons $p = Kr$, la constante K étant liée à l'inclinaison de l'hélice sur les génératrices de son cylindre, nous obtenons la relation :

$$(3) \qquad [A\alpha K^2 + (A\gamma + C\alpha)K + C\gamma]r^2 + [\alpha\gamma + K(\alpha^2 - 1)]r = 0,$$

qui pour une hélice *quelconque*, doit être une identité en ρ et fournit les conditions :

$$(4) \qquad \begin{cases} AK + C = 0, \\ \alpha\gamma - K(\beta^2 + \gamma^2) = 0, \end{cases}$$

qui définissent l'ensemble des droites spéciales de contact d'une hélice générale.

Cet ensemble est une congruence admettant un cône directeur; en donnant comme sommet à ce cône le point M de l'hélice, le cône admet comme base un cercle dont le plan est parallèle au plan normal; ce cône admet d'ailleurs comme génératrices particulières la tangente à l'hélice et

la génératrice du cylindre porteur de l'hélice qui accompagne le point M générateur de l'hélice.

Toutes les génératrices de ce cône sont d'ailleurs des droites de contact de l'hélice et la congruence (4) s'obtient en donnant à ce cône une translation arbitraire parallèle à la génératrice du cylindre, déjà considérée, en sorte que tous les cônes ainsi obtenus conservent comme génératrice commune l'axe instantané de rotation du trièdre lié au pivot M.

III. Si l'on définit chaque génératrice G du cône directeur par son inclinaison θ sur la tangente MX de l'hélice, et par l'angle φ du plan (G, MX) avec le plan osculateur à l'hélice, le cône est représenté par la relation $\sin\varphi = K \operatorname{tang}\theta$; l'angle φ est d'ailleurs déterminé par un point (x_0, y_0, z_0) appartenant à la droite de contact, au moyen de la relation

$$y_0 = (z_1 - z_0) \operatorname{tang}\varphi;$$

z_1 désignant l'élévation au-dessus du plan osculateur du point où la génératrice du cylindre associée au point M de l'hélice est coupée par le plan mené parallèlement au plan normal, par le point (x_0, y_0, z_0).

IV. Si l'on cherche le point où une droite spéciale de contact de l'hélice générale touche *actuellement* son enveloppe, on trouve que ce point est l'intersection de la droite considérée avec le plan $y = \rho \sin^2\theta$; ρ désignant le rayon actuel de courbure de l'hélice au point M. Ainsi pour une même valeur de θ, ces points de tangence avec les enveloppes appartiennent à un même plan perpendiculaire au rayon de courbure; de plus, comme $\sin^2\theta = \frac{\sin^2\varphi}{K^2 + \sin^2\varphi}$, tous ces plans sont actuellement compris entre le plan $y = 0$ et le plan $y = \frac{1}{1 + K^2}\rho$.

V. Cette congruence des droites spéciales de contact de l'hélice générale, rapportée au trièdre fondamental de cette courbe, ne constitue jamais l'ensemble des normales à une même surface.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Biréfringence et dichroïsme de la fumée de chlorhydrate d'ammoniaque dans le champ électrique.* Note [1] de M. **Stéphan Procopiu**, présentée par M. Lippman.

Les fumées de chlorhydrate d'ammoniaque deviennent biréfringentes dans le champ électrique. D'après les recherches de Zeeman et Hoogenboom [2], le phénomène est accompagé de dichroïsme. Nous nous sommes proposé de rechercher si, comme l'a indiqué Voigt [3], en partant de la théorie de l'orientation, les deux phénomènes doivent être attribués à la même cause.

Méthode de mesure. — La lumière d'une lampe demi-watt traverse successivement un collimateur, un filtre (érythrosine, chlorure de nickel, écran E de Wright, etc.), un nicol polariseur à 45° des lignes de force du champ électrique, la boîte en ébonite avec le condensateur entre les armatures duquel pénètre la fumée, et l'analyseur à pénombre de Chauvin (1890). Cet analyseur est formé d'un mica quart d'onde, fixé sur l'appareil avec charnière pour pouvoir être enlevé ou remis en place, d'une lame demi-onde fixée sur un nicol et tournant avec lui, et d'une lunette pour regarder les deux plages. Pour chaque radiation on met le quart d'onde correspondant. Le nicol polariseur est réglé à 45° de la position pour laquelle, dans un champ électrique, on ne décèle aucun effet optique. Ce polariseur peut tourner sur un cercle gradué, afin de pouvoir faire la correction de rotation du plan de polarisation (dichroïsme), dans les mesures de biréfringence.

Le circuit électrique comprend une bobine d'induction, une coupure pointe-disque, une bouteille de Leyde; en dérivation sur la bouteille il y a un éclateur à pointes et le condensateur dans lequel pénètre la fumée, sur laquelle porte la mesure. Le potentiel entre les plateaux du condensateur se mesure avec l'électromètre absolu plan-sphère de Guillet et Aubert (1912). La longueur du condensateur est 10^{cm} et la distance des plateaux $2^{cm},6$.

La fumée de chlorhydrate est obtenue dans le condensateur directement, en faisant barboter séparément des courants d'air à travers deux flacons contenant des solutions d'acide chlorhydrique et d'ammoniaque. On fait passer le courant gazeux jusqu'à ce que la fumée, à l'issue de la boîte, soit blanche. On interrompt le courant des gaz et l'on commence les mesures.

Résultats. — Dans ces conditions de formation, la fumée présente toujours une biréfringence négative et un dichroïsme positif, les vibrations parallèles aux lignes de force étant plus absorbées que celles perpendiculaires; cela indépendamment du sens du champ électrique. Le dichroïsme se mani-

---

[1] Séance du 7 juin 1920.

[2] P. Zeeman et C.-M. Hoogenboom, *Proceedings Amst. Acad.*, t. 14, 912, p. 558, 653 et 786. — Hoogenboom, *Proc. Amst.*, t. 19, 1917, p. 415.

[3] M. Voigt, *Göttingen Nachrichten*, 1912 (2,3), p. 588.

feste par une rotation du plan de polarisation, que l'on constate en enlevant le mica quart d'onde.

La fumée ne devient pas biréfringente dans le champ électrique immédiatement après sa formation, car il faut attendre un certain temps. Quel que soit le champ, le dichroïsme atteint son maximum au bout d'une minute; puis diminue ensuite et au bout de 18 minutes il subit une baisse brusque. Pour la biréfringence on trouve qu'elle commence à être signalée après 1 minute et le maximum est atteint au bout de 3 minutes, ensuite elle reste stationnaire jusqu'à 18-20 minutes, au bout desquelles elle subit une baisse brusque.

Pour des potentiels élevés $\left(\text{depuis } \frac{5000}{2,6} \text{ volt-cm}\right)$ le palier de la biréfringence montre une pente, qui doit être attribuée à l'arrachement des grosses particules par les armatures.

Si la fumée est formée en dehors du condensateur et y est introduite après coup, elle montre un dichroïsme plus faible, comme l'ont observé également Zeeman et Hoogenboom. Cela tient à ce que la transformation de la fumée s'est opérée déjà en dehors et que le maximum du dichroïsme est dépassé.

L'allure différente des deux phénomènes nous conduit à envisager le dichroïsme produit par les petites particules comme une sorte de diffraction; lorsque les particules s'agrandissent, le dichroïsme diminue et la biréfringence reste stationnaire, tant que le nuage des cristaux reste dans le champ de vision. Après 18 à 20 minutes, ce nuage, en mouvement uniforme, disparaît et avec lui les phénomènes diminuent brusquement. La loi de Stokes permettrait d'assigner une limite supérieure aux particules; le calcul conduit à admettre 6^{μ} pour le rayon de la grosse particule, qui donne la biréfringence.

Dans le Tableau suivant figurent, pour différents potentiels et pour deux longueurs d'onde à centre optique $650^{\mu\mu}$ (rouge) et $550^{\mu\mu}$ (vert), les valeurs maxima en minutes de la biréfringence (β_v et β_r) et du dichroïsme (δ_v et δ_r), ainsi que leurs rapports :

Potentiel (volts)......		1500.	2500.	4000.	5200.	8000.	9600.
Biréfringence	β_v........	42′	60′	84′	100′	150′	180′
	β_r........	30′	39′	56′	76′	108′	146′
	$\frac{\beta_v}{\beta_r}$........	1,40	1,54	1,50	1,32	1,39	1,24
Dichroïsme	δ_v........	62′	82′	140′	168′	240′	360′
	δ_r........	38′	48′	80′	102′	162′	210′
	$\frac{\delta_v}{\delta_r}$........	1,64	1,71	1,75	1,65	1,48	1,71

On constate d'abord par ce Tableau que, pour les potentiels utilisés, il n'y a aucune tendance à la saturation; pour de plus grands potentiels les mesures sont difficiles par suite du fait que les particules sont attirées par les armatures du condensateur, le palier de la biréfringence étant fortement incliné. On constate également que le rapport moyen des biréfringences est 1,4 et celui des rotations du plan de polarisation est 1,67, nombres qui correspondent à peu près au carré (1,39) et à la troisième puissance (1,65) du rapport inverse des longueurs d'onde.

En somme, la biréfringence et le dichroïsme de la fumée de chlorhydrate, dans le champ électrique, ont des évolutions différentes dans le temps; ils ne montrent pas de saturation; la biréfringence varie à peu près inversement au carré de la longueur d'onde et le dichroïsme inversement à la troisième puissance. Il est donc probable que le dichroïsme ne provient pas de l'absorption différente des deux rayons qui traversent le cristal de chlorhydrate, mais bien plutôt des réflexions sur les filets de cristaux disposés dans le champ électrique; il y aurait un phénomène de diffraction qui dépendrait de la grosseur des particules par rapport à la longueur d'onde de la lumière employée; de ce fait, le phénomène prévu par Voigt est masqué, s'il existe.

ÉLECTRICITÉ. — *Effet galvanomagnétique parallèle aux lignes de force et normal au courant.* Note (¹) de MM. **La Rosa** et **A. Sellerio**, présentée par M. Lippmann.

Dans un travail sur les changements de la résistance de quelques métaux et de leur pouvoir thermoélectrique (par rapport à un métal inerte) sous l'influence du champ magnétique, l'un de nous deux avança l'hypothèse que le nombre des électrons libres par centimètre cube contenus dans ces métaux est une *fonction* de l'intensité du champ magnétique (²).

Sur la base de cette hypothèse, il put établir une relation entre les changements de la résistance électrique d'un côté et ceux du pouvoir thermoélectrique de l'autre, et cette relation a été confirmée par les résultats des expériences faites à ce sujet sur le bismuth et sur un couple Bi-Cu (³).

Ensuite, en discutant ensemble sur la possibilité de donner par la même

(¹) Séance du 7 juin 1920.
(²) La Rosa, *N. Cim.* t. 18, 1919, p. 39.
(³) *Ibid.*, p. 26.

hypothèse une explication du phénomène de Hall avec ses singularités bien connues, nous avons été amenés à soupçonner que, dans une plaque métallique disposée à la manière ordinaire pour l'étude du phénomène, il doit se présenter un effet galvanomagnétique également dans la direction normale au courant et *parallèle* aux lignes de force du champ magnétique.

Il est évident que l'effet qu'il s'agissait de révéler devait être proportionnel à l'épaisseur de la plaque de bismuth.

C'est pourquoi nous avons pris un disque de bismuth des dimensions suivantes : rayon de la base $13^{mm},5$, distance entre les deux faces (épaisseur) $13^{mm},2$. Comme électrodes primaires, nous avons employé deux petites bandes de cuivre, épaisseur 1^{mm}, ayant la même largeur que l'épaisseur du disque.

Dans celui-ci, on avait pratiqué deux petits sillons, le long de deux génératrices opposées de la surface cylindrique, et c'est dans ces sillons que pénétraient respectivement et étaient soudées les deux bandes par une de leurs extrémités.

Les électrodes secondaires étaient pointues et on les avait soudées aux centres des deux bases.

Le disque était disposé entre les expansions polaires planes d'un électro-aimant Weiss (diamètre 7^{cm}) coaxialement avec elles, de manière que le champ résultant fut perpendiculaire aux deux faces du disque et uniforme dans toute l'étendue utilisée.

La distance entre les pièces polaires était $21^{mm},5$.

Nous avons donné au courant primaire une valeur de près de 10 ampères ($i = 9^{amp},4$); le rapport entre le courant et l'épaisseur de la plaque se trouve ainsi du même ordre de grandeur que dans les expériences ordinaires sur le phénomène de Hall.

La mesure de l'effet cherché a été faite à l'aide d'un galvanomètre Hartmann et Braun, résistance $30\,\Omega$, sensibilité $1,2.10^{-8}$ ampère pour 1^{mm} de l'échelle. Intensité du champ 7000 gauss.

Les expériences répétées plusieurs fois ont donné en moyenne (avec des écarts très petits) les résultats suivants :

I. Courant primaire dans la direction antéro-postérieure.

H.	α_0.	α.	δ.
+........	+41	+35,5	− 5,5
−........	+40	+56	+16

II. Courant primaire dans la direction postéro-antérieure.

H.	α_0.	α.	δ.
+........	−41	−35	+ 6
−........	−40	−56	−16

Dans les Tableaux ci-dessus, on a regardé comme positif le champ magnétique dirigé de gauche à droite par rapport à un observateur qui voit l'électro-aimant du côté des pièces polaires; α_0 est la déviation galvanométrique donnée par le courant d'asymétrie, lorsque le champ magnétique n'est pas excité et α la déviation sous l'action du champ. Ces courants α_0, α sont pris comme positifs lorsqu'ils traversent la plaque dans le sens positif convenu pour le champ, c'est-à-dire de gauche à droite; leur différence (algébrique) $\alpha - \alpha_0$ a été appelée δ. Elle montre, d'une manière évidente, que dans nos conditions expérimentales le champ produit dans le bismuth un effet galvanométrique *parallèle aux lignes de force*.

Quant à l'origine de l'effet, on pourrait de prime abord soupçonner qu'elle n'est due qu'en *apparence* au courant primaire (normal au champ), et qu'au fond on pourrait l'attribuer au courant d'asymétrie ayant une direction parallèle au champ. Dans ce cas, le phénomène serait banal, car il se réduirait à l'effet galvanomagnétique ordinaire, qui équivaut à un changement de résistance. En réalité, cet effet peut se présenter dans notre cas, mais il ne pourra concourir que *pour une partie* dans le phénomène observé.

Déjà la remarquable asymétrie entre les déviations que donne le galvanomètre avec des champs de signe différent parle en faveur de l'existence de deux phénomènes dont un seul change de signe en invertissant le champ. En appelant x l'effet qui ne change pas de signe et y celui qui change, nous pourrons former avec les données δ du Tableau I, les équations

$$x + y = 16, \qquad x - y = 5,5;$$

d'où l'on tire

$$x = 5,25, \qquad y = 11,75.$$

On pourra ainsi retenir que l'effet x, qui ne s'invertit pas (comme c'est justement le cas pour les changements de résistance), est seulement un tiers du total. Le reste y, qui change de signe, ne peut pas être attribué à un effet longitudinal se produisant le long du courant d'asymétrie.

Enfin on pourrait être tenté de penser que le phénomène indiqué par y est purement un effet Hall, dans l'hypothèse où les soudures secondaires ne se trouvent exactement sur une ligne de force. Mais nous nous sommes assurés qu'en modifiant légèrement dans un sens ou dans l'autre l'orientation du disque par rapport aux lignes de force, on n'obtenait pas de changement de signe dans l'effet y; cela porte à exclure le doute exprimé tout à l'heure.

Des résultats tout à fait analogues ont été obtenus avec un disque de tel-

lure : diamètre $19^{mm},5$; épaisseur $10^{mm},9$ (1). Les mesures sont reportées dans le Tableau suivant :

Courant antéro-postérieur.				Courant postéro-antérieur.			
H.	α_0.	α.	δ.	H.	α_0.	α.	δ.
+...	+12,5	+50,5	+38	+...	−18	−60	−42
−...	+ 5	− 5	−10	−...	−11	− 3	+ 8

PHYSIQUE. — *Sur certaines propriétés antagonistes des diverses régions du spectre.* Note de M. **Gustave Le Bon**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Une Note présentée récemment à l'Académie (2) me fournit l'occasion de rappeler mes expériences faites il y a une quinzaine d'années et exposées dans mon Livre *L'Évolution des Forces.*

J'y ai montré non seulement sur des corps phosphorescents, mais encore sur des végétaux, les actions antagonistes des diverses radiations. L'infrarouge par exemple détruit non seulement la phosphorescence, mais aussi la matière verte des plantes. J'ai pu ainsi transformer entièrement la couleur de certaines plantes, tomates et artichauts notamment.

Parmi les expériences qui mettent le mieux en évidence les propriétés antagonistes des diverses radiations se trouve la suivante :

Derrière une cuve pleine d'une solution de sulfate de quinine on expose au soleil un écran recouvert de sulfure de zinc. Il reste obscur; mais si l'on superpose à la cuve de sulfate de quinine une seconde cuve remplie de sulfate de cuivre ammoniacal, l'écran devient vivement phosphorescent.

Ce phénomène d'aspect paradoxal résulte de ce que le sulfate de quinine retient une partie des rayons illuminateurs et laisse passer tous les rayons extincteurs qui détruisent la phosphorescence. En superposant à la cuve de sulfate de quinine une cuve de sulfate de cuivre, on supprime la grande majorité des rayons extincteurs (rouges et infra-rouges) et par conséquent on laisse agir surtout les rayons illuminateurs (bleus et violets).

(1) Dans ces expériences, contrairement aux précédentes, on a dû compenser partiellement, par un dispositif bien connu, le courant d'asymétrie qui existait dans le champ magnétique.

(2) J.-L. Pech, *Phénomènes d'antagonisme entre diverses radiations* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1246).

La somme des rayons illuminateurs dépassant celle des rayons extincteurs, l'écran devient phosphorescent.

C'est en utilisant de tels phénomènes qu'a pu être réalisée la télégraphie optique de nuit pendant la guerre.

Dans le même Ouvrage, j'ai montré le moyen de transformer la lumière infra-rouge invisible en lumière visible, ce qui m'a permis d'indiquer la solution d'un problème que le Ministre de la Marine de cette époque avait demandé de résoudre : Projeter la nuit sur un bâtiment ayant éteint ses feux ou sur une rade obscure une lumière invisible pour l'ennemi, mais visible pour l'assaillant.

Il serait impossible ici d'entrer dans les détails d'expériences longuement exposées dans mon Livre. Je ne pouvais que les rappeler.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action catalysante de l'aluminium dans la préparation des benzènes chlorés.* Note de M. **Jean Meunier**, présentée par M. A. Haller.

Le chlore se combine directement au benzène, sous l'influence de la lumière solaire et produit les hexachlorures de benzène α et β [1], mais, dans l'obscurité, il n'a pas d'action sur cet hydrocarbure. Pour obtenir des benzènes chlorés, il est indispensable de faire intervenir une substance catalysante. La première employée fut l'iode, dont l'action a été découverte par Hugo Muller et plus complètement étudiée par Jungfleisch. J'ai eu l'occasion de reprendre cette question et j'ai reconnu que l'action de l'aluminium était bien supérieure à celle de l'iode et tout à fait remarquable. Je dois signaler ici que des industriels sont parvenus à préparer les benzènes chlorés dans des appareils en fer, et, de la sorte, l'action catalysante de ce métal a été reconnue; son étude a du reste fait l'objet de plusieurs Notes aux *Comptes rendus*.

Dans une première opération effectuée au mois de septembre 1915, et portant sur 1500^g de benzène cristallisable, j'avais fait passer le chlore, après avoir ajouté dans le ballon 2^g d'aluminium en lames; puis, au cours de la chloruration, pour renforcer l'action, j'avais ajouté 3^g d'aluminium en poudre; la réaction du chlore sur le benzène a été ainsi rendue tellement vive que la matière a pris feu et s'est en partie extravasée. L'excès du cata-

(1) J. Meunier, *Comptes rendus*, t. 98, 1884, p. 436.

lyseur s'étant éliminé par ce fait, la marche de l'opération devint ensuite normale et le chlore fut complètement absorbé, malgré la rapidité du courant gazeux.

Les opérations ultérieures m'ont permis de déterminer les meilleures conditions de la préparation des benzènes chlorés et, particulièrement, du monochlorobenzène. Il faut employer, pour obtenir une marche régulière, une quantité d'aluminium égale au $\frac{1}{1000}$ du poids du benzène, le métal étant mis en menus fragments ou en limaille grossière.

Il se produit non seulement du C^6H^5Cl, mais aussi des benzènes plus chlorés. Quand on désire préparer seulement le monochlorobenzène, il faut arrêter le courant de chlore, quand la densité du liquide est de 1,008, vers 15°, la densité du benzène étant de 0,876.

Le fractionnement de ce liquide a été fait sous pression réduite, en chauffant au bain-marie. Il a donné comme rendement :

C^6H^5Cl (densité 1,1084 à 11°)	77 pour 100
Produits légers, benzène et traces du précédent	13 »
Produits plus denses, benzènes dichlorés	10 »

Les produits légers, chlorurés à leur tour, ont fourni 10 pour 100 de C^6H^5Cl; le rendement total a donc été de 87 pour 100.

Le monochlorobenzène ainsi obtenu possède une odeur peu différente de celle du benzène; elle ne persiste pas, comme celle des benzènes plus chlorés.

Il y a lieu de rapprocher de cette action catalysante de l'aluminium, celle du clorure d'aluminium, découverte par Friedel et Crafts, et si remarquablement étudiée par eux et par leurs collaborateurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les sels polyacides des acides monobasiques, tribenzoate monosodique.* Note (1) de M. **Philippe Landrieu**, présentée par M. Charles Moureu.

Il était intéressant d'étudier les conditions de formation des sels acides et polyacides des acides monobasiques en employant la méthode déjà suivie pour l'étude des sels acides et polyacides des acides bibasiques (2).

---

(1) Séance du 7 juin 1920.

(2) Voir les deux Mémoires publiés par E. Jungfleisch et Ph. Landrieu [*Recherches sur les sels acides des acides bibasiques. Annales de Chimie*, t. 2, 1914, p. 5 (1er Mémoire) et p. 333 (2e Mémoire)] auxquels fait suite le présent travail.

L'étude entreprise sur les acides bibasiques avait conduit à cette conclusion que les sels acides cristallisés des acides bibasiques doivent être considérés non pas comme formés d'une molécule dont une fonction acide seule est salifiée, mais comme formés d'une molécule d'acide unie à une molécule de sel neutre (de même que les sels polyacides sont formés de plusieurs molécules d'acides unies à une molécule de sel neutre).

L'existence de sels acides et polyacides d'acides monobasiques est une confirmation de cette conclusion.

On connaît déjà les sels acides de l'acide acétique. Nous avons étudié les conditions de formation des benzoates acides de sodium. Pour cela nous avons recherché la composition des eaux mères en équilibre avec les différents précipités qui se forment de solutions ayant pour composants l'acide benzoïque, le benzoate de soude et l'eau.

Nous avons trouvé que la courbe correspondant à la composition centésimale des eaux mères en équilibre (à la température 14°) avec les différents précipités, courbe qui va du point représentant la solubilité de l'acide benzoïque à celui représentant la solubilité du benzoate de soude, se divise en trois parties.

La première correspond à la précipitation de l'acide benzoïque, la seconde à celle d'un sel acide, le tribenzoate monosodique (C^6H^5COONa, $2C^6H^5COOH$); la troisième correspond à la précipitation du benzoate de soude.

Les deux points de transition représentant la composition d'eaux mères en équilibre avec deux phases solides formées, pour le premier point du mélange acide benzoïque et tribenzoate monosodique, pour le deuxième point du mélange tribenzoate monosodique et benzoate de soude, ont respectivement pour composition :

	Pour 100g de solution.
Le premier : acide benzoïque...........	g 1,25
» benzoate de sonde.........	35,3
Le deuxième : acide benzoïque.........	1,46
» benzoate de soude.......	40,4

Pour toute la partie de droite comprise entre ces deux points, le précipité est formé de tribenzoate monosodique.

Ce sel acide se présente en longues et fines aiguilles soyeuses qui nous ont donné à l'analyse :

Acide benzoïque : 62,1 pour 100 ; benzoate neutre de soude : 37,9. Calculé pour C^6H^5COONa, $2C^6H^5COOH$: acide benzoïque, 62,8; benzoate neutre de soude, 37,2.

Le fait que ce sel se précipite avec une composition identique en présence d'eaux mères de composition variable permet de conclure qu'il correspond à une phase unique, c'est-à-dire à une individualité chimique bien définie, et que l'on n'est pas en présence d'un simple mélange d'acide benzoïque et de benzoate neutre.

Ce sel n'avait pas encore été décrit.

GÉOLOGIE. — *Le glacier de la Durance à l'aval de Sisteron.* Note [1] de M. **Raoul Blanchard**, présentée par M. Charles Barrois.

Tous les auteurs qui se sont occupés de l'extension méridionale du glacier quaternaire de la Durance ont fixé à l'amont immédiat de Sisteron la limite extrême atteinte par cet appareil. C'est le cas de Ch. Lory (*Description géologique du Dauphiné*, p. 693), de M. W. Kilian (*Description géologique de la montagne de Lure*, p. 336, et *Note sur les dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires de la vallée de la Durance*). Penck et Brückner, dans leur grand Ouvrage sur *Les Alpes à l'époque glaciaire*, assignent toujours comme emplacement aux moraines les plus externes l'élargissement de la vallée au nord de Sisteron (*Alpes du Sud*, trad. Arbos, p. 9-10). Seul, David Martin était d'avis que le glacier s'était allongé beaucoup plus loin vers le Sud. Sans partager ce sentiment, il nous paraît possible de démontrer qu'à l'époque du maximum le front du glacier était installé à quelques kilomètres au sud de Sisteron.

Si l'on examine, en effet, la barre de calcaire jurassique sous laquelle s'abrite la ville de Sisteron et qui limite au Sud la large dépression parsemée de moraines où confluent le Buech et la Durance, on s'aperçoit aisément qu'elle a été façonnée en verrou. A l'Est, cette barre est entaillée par la large encoche présentant la forme d'une auge parfaite dont les rochers de la Baume et de la Citadelle forment les deux flancs; on ne peut songer à attribuer à la Durance une forme de creusement si différente de celles que donne le processus fluviatile. D'ailleurs la rivière, qui a emprunté l'encoche après le départ du glacier, en a entamé le fond par une entaille de forme très différente, présentant l'aspect d'un V aigu.

Cette encoche n'est pas la seule à entailler la barre. Vers l'Ouest, sur une longueur de plusieurs kilomètres, celle-ci est encore accidentée de

---

[1] Séance du 31 mai 1920.

quatre ouvertures en forme d'auges, de plus en plus profondes vers l'Est; la plus accentuée de ces encoches, que l'on appelle le Collet, limite à l'Ouest le mamelon qui porte la citadelle. Toute cette partie de la barre présente d'ailleurs les caractéristiques du paysage de verrou glaciaire, avec son désordre de creux et de bosses arrondies. Enfin certaines de ces encoches sont littéralement pavées de cailloux glaciaires d'origine alpine, quartzites, calcaires roses de Guillestre, roches vertes, roches cristallines de toute sorte. Il n'y a donc pas de doute que la barre de Sisteron ne soit un verrou, façonné par le passage du glacier de la Durance. Conformément à la théorie exposée par M. Bénévent [1], l'encoche la plus profonde, celle de la Baume, est du côté de l'ombre.

Le glacier a donc franchi la barre de Sisteron. Or il est possible de constater au delà une nouvelle trace de son passage. Un peu au sud de la ville s'ouvre au-dessus de la vallée (rive droite) une large dépression. Creusée dans les marnes noires aptiennes très tendres, cette dépression est évidemment la continuation de l'ample vallée du Jabron, dilatée depuis Noyers dans les mêmes roches. On doit se demander pourquoi le Jabron a abandonné cette extrémité inférieure de sa vallée, qu'il a quittée pour s'engager, au pont Gournias, dans une cluse étroite à travers les calcaires barrémiens beaucoup plus résistants. L'explication doit en être recherchée dans la présence du glacier de la Durance, formant barrage à l'issue de l'ancienne vallée du Jabron. Cette issue est occupée en effet par une magnifique terrasse farcie d'énormes blocs erratiques dont la présence n'a pas échappé aux auteurs précédemment indiqués.

Or cette terrasse s'engage dans l'ancienne vallée du Jabron et y prononce une forte pente descendant vers l'amont; elle est faite de cailloux roulés, quelques-uns très gros et d'origine alpine (amphibolites, quartzites, etc.). Nous avons donc affaire ici à une nappe subordonnée engagée dans la vallée inférieure du Jabron; elle a barré le cours de la rivière, qui a été réduite à se déverser au Sud-Est par le lit qu'un petit torrent affluent de la Durance avait déjà tracé à travers les marno-calcaires hauteriviens et les calcaires barrémiens. Le cours inférieur du Jabron représente donc celui d'une rivière détournée par l'obstacle du glacier.

Ainsi le glacier de la Durance s'est avancé au Sud du verrou de Sisteron jusqu'à fermer entièrement l'ancien débouché du Jabron. Mais nous pouvons tenir pour assuré qu'il n'a guère pénétré plus loin. La présence du

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 742-744.

nouveau confluent du Jabron, entièrement libre d'apports glaciaires, est la preuve que le front du glacier n'a pas atteint cet emplacement. Il est probable qu'il n'a pas dépassé le point où, au nord-ouest du hameau de Saint-Pui, commence la haute terrasse, et où M. Tardieu a bien voulu m'indiquer qu'on a trouvé un gros bloc erratique d'amphibolite. La limite extrême atteinte par la langue terminale doit donc être fixée à 3^{km} ou 4^{km} au sud de Sisteron. Il ne semble pas, dans l'état actuel de nos connaissances, qu'on puisse envisager une extension plus prononcée vers l'aval.

GÉOLOGIE. — *La sidérose des minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey.* Note (1) de M. **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Le fer carbonaté joue, dans la constitution des minerais de fer oolithique du Toarcien de Lorraine, un rôle dont l'importance est restée méconnue. Berthier, le premier, en a signalé la présence en 1828. Depuis cette époque, plusieurs auteurs, Blum, F. Villain, Joly, etc., en ont révélé l'existence, soit à titre exceptionnel, soit en tant qu'élément susceptible de réaliser une certaine fréquence (Blum). Les observations suivantes, résultat d'une étude systématique de longue haleine, entreprise pour le Service de la Carte géologique de France, prêtent, croyons-nous, une physionomie toute nouvelle à la question de la sidérose des minerais lorrains.

Si l'on envisage, dans ses différents horizons, la formation minéralisée du Bassin de Longwy-Briey, on constate que le fer carbonaté est rarissime au sommet (*couche rouge*), où sa présence n'est guère discernable que par l'analyse chimique, qu'il se développe beaucoup dans l'étage moyen (*couches jaune et grise*) et présente son maximum de fréquence dans l'étage inférieur (*couches brune, noire et verte*), où il est souvent très répandu.

Au total, la sidérose affecte quatre manières d'être principales :

1° Une des plus communes correspond à des oolithes, en partie ou en totalité carbonatées, observées en grand nombre dans l'étage inférieur.

2° Lors de sa plus grande diffusion, le carbonate de fer engendre une notable portion de ciment, sous la forme de plages largement cristallisées, clivées et non limitées géométriquement, ou de granules et rhomboèdres,

(1) Séance du 7 juin 1920.

intimement associés à de la chlorite. A cet état, la sidérose est particulièrement fréquente dans l'étage inférieur.

3° Dans les mêmes conditions, c'est-à-dire lorsque le minerai est très carbonaté, la sidérose peut épigéniser quantité de débris organiques, fragments de Mollusques et de Brachiopodes, articles de Crinoïdes et Foraminifères.

4° Le fer carbonaté revêt un quatrième faciès, représenté par de nombreux grains, indubitablement remaniés et, par conséquent, détritiques, de la taille et de la forme des grains de quartz clastiques. L'extension verticale de ces éléments est très vaste et leur degré de fréquence très élevé, en moyenne. De haut en bas, ils apparaissent, d'abord en petit nombre, dans les stériles qui séparent la couche rouge de la couche jaune (Hayange). Moins rares dans la couche jaune, ils se multiplient beaucoup dans la couche grise. Enfin, ils sont souvent légion dans l'étage inférieur.

Les faits sont tels qu'ils impliquent trois, peut-être quatre générations successives de fer carbonaté.

A la dernière, correspond la sidérose de la gangue, développée *in situ*, postérieurement à la mise en place des matériaux.

Les oolithes, les grains de sidérose et les organismes minéralisés étaient déjà carbonatés lorsqu'ils ont été introduits dans le milieu où se déposait le minerai. Pour des raisons que je ne puis développer ici, la sidérose des oolithes et celle des grains remaniés doivent appartenir à deux générations distinctes.

Beaucoup plus intéressants que tous les autres éléments, les grains de sidérose clastiques procèdent d'une formation quelque peu préexistante, démantelée au cours même de la sédimentation. Quant aux organismes minéralisés, il est impossible de dire si la substitution de la sidérose au carbonate de chaux est, ou non, un phénomème contemporain de la genèse des oolithes carbonatées ou de la formation des grains de sidérose. C'est pourquoi je laisse indécise la question du nombre de générations de fer carbonaté.

Quoi qu'il en soit, je tiens pour démontré que la diffusion du fer carbonaté est très grande dans les minerais de Lorraine, que ce minéral a pris naissance en plusieurs temps et qu'une notable proportion de sidérose est d'origine clastique. Cette dernière conclusion appelle un commentaire, qui viendra à son heure.

Comme on le voit, le problème de l'élaboration de la sidérose des mine-

rais de fer lorrains revêt maintenant une extrême complexité. S'il m'était possible de faire état de maintes données passées sous silence dans la présente Note, l'histoire de ce minéral s'affirmerait encore plus difficile à déchiffrer. Que dire de l'histoire des minerais eux-mêmes, où l'on trouve rassemblés tous les composés ferrugineux ?

BOTANIQUE. — *A propos du chondriome des* Vaucheria. Note de M. G. **Mangenot**, présentée par M. L. Mangin.

Si l'on examine un filament de *Vaucheria*, en pleine vitalité, à un fort grossissement, on aperçoit, entre les chloroplastes, deux sortes de granulations.

On voit d'abord des grains très réfringents, de dimensions variables; les plus gros atteignent le diamètre des chromatophores, ils sont immobiles; les plus petits sont extrêmement ténus; ils sont animés de mouvements très vifs; ce sont des globules graisseux ou lipoïdes, colorables par l'acide osmique.

A côté d'eux on distingue, presque toujours avec une grande netteté, des grains arrondis, d'aspect mat, à peine plus réfringents que le cytoplasme; souvent mêlés d'une quantité variable de courts bâtonnets, ils sont toujours plus volumineux que les plus petites granulations graisseuses. Ils ne réduisent pas l'acide osmique, ils se meuvent lentement, avec les noyaux, sans doute entraînés par les courants protoplasmiques; dans de mauvaises conditions, ils se transforment en vésicules. Ces grains, ces bâtonnets, présentent les caractères des mitochondries, avec les chloroplastes, ils constituent le chondriome des *Vaucheria* (¹).

L'étude d'objets fixés et colorés confirme les résultats de l'examen vital.

Si l'on colore par la fuchsine acide des coupes de *Vaucheria* fixées par la méthode de Benda (procédé de Küll), on retrouve les deux sortes de granulations. On aperçoit en effet des grains colorés en brun par l'acide osmique du fixateur; ils correspondent exactement aux globules graisseux observés sur le vivant. A côté, se détache avec une grande netteté tout un système de grains et de courts bâtonnets, teints en rouge vif, comme les chloroplastes; ce sont les mitochondries.

(¹) L'évolution du chondriome dans le règne végétal démontre que les chloroplastes doivent être considérés comme des mitochondries adaptées à l'assimilation chlorophyllienne.

Il existe encore chez les *Vaucheria* une troisième sorte de granules que l'on met en évidence par coloration vitale au bleu de Nil ou au rouge neutre. On voit alors apparaître de petits grains, animés de mouvements très rapides; il est impossible de les confondre avec les globules graisseux ou avec les mitochondries qu'on voit, à côté d'eux, parfaitement incolores. Ces grains, colorables sur le vivant, sont sans doute des corpuscules métachromatiques.

On voit donc que, chez les *Vaucheria*, il existe trois catégories de granulations très nettement séparables.

Nous n'insisterons pas sur les corpuscules métachromatiques, étudiés par Mme Moreau. Nous reviendrons seulement sur les deux autres systèmes d'éléments granuleux.

Les globules graisseux sont assimilables aux « microsomes » de M. Dangeard; leur ensemble constitue, suivant la nomenclature de ce savant, le « sphérome » de la cellule. Ils ont déjà été caractérisés chez les *Vaucheria*, par Rudolph en particulier.

Les mitochondries ont été antérieurement décrites par Rudolph et surtout par F. Moreau, qui les a bien étudiées. Ce chondriome des *Vaucheria*, formé de mitochondries granuleuses ou en courts bâtonnets, qui évoluent à côté de chloroplastes permanents, rappelle beaucoup le chondriome que nous avons mis en évidence chez les Fucacées.

C'est à propos de ces mitochondries des *Fucus* que M. Dangeard s'exprimait ainsi (¹) : « Mangenot prétend... que ses mitochondries granuleuses du *Fucus* ne correspondent pas aux microsomes du sphérome. S'il avait pu en fournir la preuve, la chose serait d'un grand intérêt, car elle montrerait qu'il existe dans la cellule végétale... un quatrième système d'éléments indépendants; mais, d'après ce que je connais du sphérome... des *Vaucheria*..., la chose me paraît bien invraisemblable. » En distinguant avec une grande netteté, précisément chez les *Vaucheria*, au sein des éléments granuleux, deux systèmes différents, des mitochondries et des globules graisseux, nous apportons la preuve si justement réclamée. Nous croyons aussi qu'elle présente quelque intérêt.

(¹) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 301.

AGRONOMIE. — *La betterave à sucre pendant la guerre.*
Note de M. **Émile Saillard**, présentée par M. L. Maquenne.

Tous les ans, depuis 20 ans, nous suivons régulièrement, par pesées et par l'analyse, ainsi que par des observations météorologiques, le développement des récoltes de betteraves à sucre dans un certain nombre de fermes de la région betteravière (14 avant la guerre, 8 pendant la guerre).

A cet effet, nos correspondants nous envoient chaque semaine, en août et septembre, un lot de 25 racines, prises sur la même ligne du même champ moyen de la ferme, qui sont pesées et analysées. Connaissant l'écartement des lignes et la longueur de ligne occupée par les 25 racines, il est facile de rapporter les résultats à l'hectare.

Nos postes météorologiques (plus de 50 avant la guerre), installés près des fabriques de sucre, nous envoient également chaque semaine les résultats de leurs observations; enfin nous suivons, chaque année, le travail industriel dans un certain nombre d'usines en faisant l'analyse méthodique des principaux produits de la fabrication : betteraves, jus, sirops, masses cuites et mélasses.

En 1914, j'ai rassemblé en une brochure et un graphique nos résultats des dix années d'expériences 1903-1914; c'est à ces résultats moyens que je veux comparer ceux du temps de guerre.

Les quantités de pluie tombée en août et septembre pour les trois années 1916-1917-1919 ont été sensiblement les mêmes (120^{mm} environ), ainsi que la répartition des chutes, que pendant les dix années 1903-1914, avec un maximum situé entre le 20 août et le 10 septembre.

J'ai laissé de côté les années 1915 et 1918, la première à cause des maladies cryptogamiques qui ont fortement attaqué la betterave à sucre [1], la seconde à cause de l'extrême sécheresse qui a sévi pendant tout l'été.

Au commencement d'août, il n'y avait dans le champ, pour les trois années 1916-1917-1919, que 1407^{kg} de sucre à l'hectare, contre 1865^{kg} pour la période décennale 1903-1914.

A la fin de septembre, les différences étaient encore plus marquées : 4485^{kg} de sucre pour les années de guerre contre 5315^{kg} pour celles d'avant-guerre. En d'autres termes, l'élaboration du sucre en août et septembre a été plus faible pendant la guerre qu'avant la guerre (3080^{kg} contre 3450^{kg}); mais

(1) Em Saillard, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 47.

au commencement d'octobre, les betteraves des années 1916-1917-1919 étaient plus riches que celles des années 1903-1914 et leur richesse est allée en augmentant de 1916 à 1919. Elle s'est même élevée en 1919 à 17,57 pour 100, moyenne qui n'avait jamais été atteinte au cours de nos essais précédents.

Il en est résulté que, pendant ces trois années, le travail technique, avec les betteraves mises en œuvre dans les délais ordinaires, a été plus facile et les sirops vierges d'usine ont été, en général, plus purs qu'avant-guerre. On n'a employé pendant ce temps que peu ou point de graines allemandes et les difficultés qui se sont présentées : transports, charbon, main-d'œuvre, pénurie d'engrais et surtout d'engrais azotés, semailles tardives, façons oratoires souvent insuffisantes, etc., étaient étrangères à la betterave.

La conclusion générale de ces essais, qui n'ont qu'une valeur comparative, est qu'en employant peu d'engrais et surtout peu d'engrais azotés, on obtient des racines plus riches, plus pures et plus faciles à travailler en usine. La production totale du sucre à l'hectare est seule affectée par ce mode de culture anormal.

L'Allemagne qui, pendant la guerre, a manqué et manque encore, malgré ses procédés de synthèse, d'engrais azotés et de phosphates, a fait les mêmes constatations.

Ce travail a été fait avec la collaboration de M. Wehrung.

PHYSIOLOGIE. — *L'inanition et la composition chimique du lait.* Note de M. **Ch. Porcher**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences (¹) en 1879, Lami reprend l'expérience de Boussingault dans le but « de chercher si la fréquence plus ou moins grande des traites a une influence sur la production et la qualité du lait, la nourriture étant constante ». Il constata ce fait, qui est bien établi aujourd'hui, savoir qu'en multipliant, donc en rapprochant les traites, on augmente le rendement en litres du lait produit, ainsi que le rendement total en matière grasse.

« Ces résultats semblent pouvoir s'expliquer de deux façons, dit Lami : ou quand on trait plus souvent, on favorise la production des globules butyreux par la gymnastique fonctionnelle ; ou quand on laisse trop

(¹) Lami, *Expériences sur la production du lait* (*Comptes rendus*, t. 89, 1879, p. 259).

longtemps le lait dans la mamelle, une partie des globules butyreux est résorbée et rentre dans la circulation comme élément combustible. »

Pour voir si cette résorption était possible, Lami soumet une vache au jeûne pendant un jour et demi, et voici les résultats qu'il obtint :

	Avant le jeûne.	Après le jeûne.
	pour 100	pour 100
Matière sèche...........	13,6	14,3
Beurre..................	4,4	4,15
Lactine (lactose).........	5,0	3,9
Caséine et albumine, sels..	4,2	6,25

De ces chiffres, Lami conclut à la non-résorption des globules butyreux. L'expérience répétée une deuxième fois lui donna d'ailleurs les mêmes résultats.

Mes expériences sur la rétention lactée [1] viennent donner aux faits signalés par Lami une tout autre explication. Le texte de Lami que j'ai tenu à reproduire nous montre qu'il n'est pas douteux que cet auteur ait suspendu la traite chez son animal en même temps qu'il le soumettait au jeûne. Il a réalisé ainsi une expérience de rétention et les résultats qu'il obtint cadrent tout à fait avec les miens. Avec une rétention d'un jour et demi, la résorption de la matière grasse, d'ordre phagocytaire, est relativement lente, et il n'est pas surprenant que Lami n'ait pas constaté de différence très grande dans le taux de la graisse du lait avant et après le jeûne. C'est surtout sur le lactose que la différence porte puisque le taux de ce sucre passe de 5 pour 100 à 3,9 pour 100.

L'expérience de Lami est citée dans tous les livres comme un bel exemple de l'influence de l'inanition sur la composition chimique du lait. J'estime qu'il y a là une *erreur d'interprétation et, pour le montrer, j'ai repris la même expérience en ayant soin de procéder à la traite*, et même j'ai tenu à multiplier les traites pendant les *deux jours* complets durant lesquels ma vache en lactation n'a pris aucune nourriture; de l'eau seule lui fut donnée.

Voici les résultats obtenus [je me suis contenté du dosage de l'extrait sec, de la matière grasse et du lactose, et de la détermination de l'abaissement cryoscopique (Δ), de l'indice de réfraction (n) et de la résistance électrique (r)] :

---

[1] CH. PORCHER, *La rétention lactée* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 963).

Date.	Heure de la traite.	Quantité de lait.	Extrait sec total.	Matière grasse.	Extrait dégraissé.	Lactose.	Δ.	n.	r (en ohms).
	h	cm³	g	g	g	g	°		
28 mai	7	4750	130,9	39,9	91	50,5	−0,55	1,3433	237
	18	4500	126,7	34,1	92,6	50,3	−0,545	1,3431	237
29 mai (premier jour de jeûne)	7	5500	121,85	29	92,85	50,3	−0,55	1,3428	233
	10.30ᵐ	2000	152,85	61,95	90,90	49,3	−0,545	1,3428	250
	14	1400	132,65	41,55	91,10	48,8	−0,545	1,3430	246
	17.30	1100	120,45	29,85	90,60	50,3	−0,545	1,3430	246
30 mai (deuxième jour de jeûne)	7	4150	127,35	36,9	90,45	50,3	−0,55	1,3430	249
	11.30	700	147,55	57,35	90,20	49,6	−0,555	1,3430	239
	17.30	1300	137,15	46,15	91	50,7	−0,555	1,3432	241
31 mai	7	3000	147	57	90	50,3	−0,555	1,3434	238
	18	2900	149,25	57,8	91,45	51	−0,55	1,3436	244
1ᵉʳ juin	7	4500	123,10	32,05	91,05	50,7	−0,55	1,3434	244
	18	4250	127,55	36,15	91,40	51	−0,55	1,3435	238

Ces chiffres nous montrent que si la quantité de lait a diminué pendant les deux jours de jeûne, ce qui ne saurait surprendre, la composition chimique du lait, vue de son extrait dégraissé, de son lactose et de ses constantes physiques, par contre, *n'a subi aucune atteinte appréciable*. L'inanition limitée à deux jours complets n'a donc entraîné aucune modification analytique importante du lait; aussi ai-je raison de dire que, dans l'expérience de Lami, c'est le défaut de traite qui seul est responsable des variations constatées par cet auteur dans la composition chimique du lait avant et après l'expérience; c'est au compte de la rétention lactée qu'elles doivent être mises, et nullement à celui du jeûne.

On ne saurait donc souscrire à l'explication de Lami qui s'exprime ainsi: « Si nous comparons le lait donné après le jeûne avec celui qui a été analysé auparavant, nous voyons qu'il en diffère notablement, et qu'il se rapproche de celui des carnivores qui, en effet, contient moins de lactine et plus de matières protéiques. L'animal, en effet, pendant qu'il est à la diète, se nourrit de sa propre substance et devient ainsi carnivore. »

La rétention lactée, avec toutes les conséquences qu'elle entraîne, suffit à nous donner la véritable raison des troubles, de composition chimique, signalés par Lami. Un lait de rétention est un lait qui tend à devenir colostral, à se rapprocher, par sa grossière composition chimique, du lait des carnivores. Si Lami avait procédé à un examen cytologique, il n'aurait pas manqué de constater un apport phagocytaire important et l'apparition de corpuscules de Donné.

C'est donc bien la rétention et non l'inanition qu'on doit rendre responsable des variations de composition chimique signalées par Lami, ainsi qu'il apparaît à la lecture des documents analytiques que j'apporte dans cette Note. Néanmoins, il serait fort intéressant de voir le retentissement qu'une *inanition prolongée*, et non limitée à 36 heures comme dans l'expérience de Lami, à 48 heures, comme dans la mienne, aurait sur le taux des divers principes constituants du lait.

ZOOLOGIE. — *Sur la structure des lèvres des Poissons du genre* Chondrostoma (*famille des* Cyprinidæ). Note de M. **Paul Mathias**, présentée par M. Edmond Perrier.

Les lèvres des *Chondrostoma* sont dures et tranchantes, et, pour cette raison, ont été qualifiées de cartilagineuses par certains auteurs, entre autres Agassiz (*Mémoire Société Histoire naturelle de Neuchâtel*, 1834), et de cornées par d'autres. Afin de lever ce doute, nous avons fait l'étude histologique des lèvres de *Ch. Nasus* et de *Ch. Genei* et nous l'avons comparée à celle des lèvres de *Squalius leuciscus*. Le genre *Squalius*, qui possède comme tous les autres *Cyprinidæ* des lèvres molles, est l'un des genres les plus proches du genre *Chondrostoma*.

Structure des lèvres de Squalius leuciscus (Lin.). — La lèvre inférieure de *Squalius leuciscus* est arrondie. A partir du maxillaire inférieur, on trouve un massif de grosses cellules conjonctives vésiculeuses, limité extérieurement par un derme relativement peu important qui pousse dans l'épiderme de nombreuses évaginations en rides parallèles. L'épiderme est formé de deux couches superposées : 1° Une couche interne, assez épaisse, constituée par des cellules à contour polygonal réunies par des ponts protoplasmiques, qui présente, dispersés dans son épaisseur, des corpuscules tactiles et gustatifs; 2° une couche externe, formée par une ou deux assises de cellules aplaties, disposées parallèlement à la surface libre et munie d'un noyau bien distinct.

La lèvre supérieure de *Squalius leuciscus* présente la même structure que la lèvre inférieure.

Structure des lèvres de Chondrostoma nasus (Aga.). — Si l'on observe une coupe pratiquée dans une lèvre inférieure de *Ch. Nasus*, on constate que cette lèvre, au lieu d'être arrondie, présente un bord antérieur rectiligne et un bord inférieur en crête aiguë.

Comme chez *Squalius leuciscus*, à partir du maxillaire inférieur, on trouve un massif formé de grosses cellules conjonctives vésiculeuses, limité à l'extérieur par un derme peu important, qui pousse dans l'épiderme de nombreuses évaginations en rides parallèles. L'épiderme présente une structure toute différente de celle observée

chez *Squalius leuciscus*. Il comprend deux zones nettement distinctes : 1° Une couche muqueuse, relativement épaisse sur les bords antérieur et inférieur de la lèvre, formée comme chez *Squalius leuciscus* de cellules à contour polygonal reliées par des ponts protoplasmiques. Vers la partie superficielle de la couche muqueuse, on voit les cellules épidermiques prendre une forme aplatie tout en conservant un noyau très net; 2° une couche cornée qui fait suite à la couche muqueuse sur le bord inférieur de la lèvre seulement. Elle est formée, à la base, de cellules très aplaties possédant un noyau bien colorable. Les cellules plus superficielles s'aplatissent progressivement, tandis que leur noyau ne prend plus les colorants. Enfin les cellules les plus extérieures sont réduites à des lames qui s'exfolient. Cette couche spéciale de l'épiderme, qui occupe seulement l'extrémité inférieure de la lèvre, qu'elle revêt à la manière d'un capuchon, présente des ressemblances avec la couche cornée des Vertébrés supérieurs. C'est elle qui donne à la lèvre sa dureté et son tranchant. Elle fait défaut aux *Squalius* et aux autres *Cyprinidæ*. Sa présence constante donne au genre *Chondrostoma* son caractère essentiel.

La lèvre supérieure de *Ch. Nasus* montre la même succession de tissus que la lèvre inférieure, mais la couche cornée, d'après les individus examinés qni sont jeunes (15^{cm} de longueur totale) est peu développée et montre d'une façon très nette la formation des cellules cornées.

Structure des lèvres de Chondrostoma Genei (Bon.). — Une lèvre inférieure de *Ch. Genei* offre une structure semblable à celle observée chez *Ch. Nasus*, mais ici le bord inférieur de la lèvre est émoussé et la couche cornée est moins épaisse que chez *Ch. Nasus*.

La couche cornée de la lèvre supérieure de *Ch. Genei* est bornée à quelques assises seulement de cellules, bien que les lèvres proviennent d'individus dont la longueur totale était environ de 20^{cm} (taille moyenne de *Ch. Genei*).

La couche cornée des lèvres de *Chondostroma* présente les caractéristiques cytologiques suivantes du cytoplasme après l'action des colorants.

	Couche muqueuse.	Couche cornée.
Hématoxyline, éosine orange........	rose vif	rose vif
Hématoxyline, liquide de Mann.....	violette	rose violacé
Hématoxyline au fer rubine	rouge violacé	noire
Hématoxyline, safranine vert lumière.	rose violacé	rouge orangé
Carmin, picro bleu................	teinte verte (variable suivant les régions)	jaune
Hématoxyline, bleu micrographie n° 2, éosine aurantia [1]...............	violette	orange

Ce revêtement corné des lèvres, caractéristique du genre *Chondrostoma*, tombe très souvent d'un bloc, dès qu'on le touche, chez les individus

---

[1] Formule de M. Sémichon (*Bulletin Société zoologique de France*, séance du 24 février 1920).

conservés dans l'alcool. Il est tout à fait curieux de constater la présence de substance cornée chez des êtres aquatiques dont les téguments sont habituellement caractérisés par l'absence de couche cornée. Entraînés par cette dernière remarque, les anciens Ichthyologistes étaient complètement dans l'erreur lorsqu'ils attribuaient la dureté des lèvres de *Chondrostoma* à la présence de cartilage.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la séparation des protéines du sérum.* Note de MM. M. **Piettre** et **A. Vila** présentée par M. E. Roux.

Dans une Communication présentée le 13 novembre 1913, nous avions indiqué le principe d'une séparation des protéines du plasma oxalaté ou sulfaté magnésien, fondée sur l'emploi de la dialyse au contact de solutions saturées de sucre.

En appliquant au sérum les enseignements recueillis au cours de nos recherches sur les plasmas, mais en abandonnant les complications des dispositifs de dialyse, nous avons établi un mode d'analyse des divers constituants du sérum, réalisant une séparation méthodique, en évitant que les propriétés essentielles des corps séparés soient sensiblement modifiées.

I. Le sérum normal est une solution parfaitement équilibrée de corps, parfois difficiles à redissoudre quand ils sont isolés. Aussi suffit-il, ainsi que nous l'avons constaté avec la dialyse des plasmas, d'éliminer du sérum les matières minérales solubles pour obtenir une séparation des protéines en une partie soluble et une partie insoluble dans l'eau pure. Ajoutons que sans le secours de la dialyse, cette séparation exige également que les sels alcalins : carbonates ou bicarbonates aisément dissociables, soient transformés en sels, chlorures ou sulfates, plus stables et plus faciles à éliminer. Cette transformation peut, au gré de l'opérateur, suivre ou précéder l'épuisement des corps gras.

Les matériaux utilisés dans ce travail proviennent du sang de cheval, recueilli avec toutes les précautions d'usage grâce au bienveillant concours des Services de l'Inspection vétérinaire de l'abattoir de Vaugirard.

Le sérum est tout d'abord neutralisé. Quand cette neutralisation s'effectue au début des opérations, on ajoute d'un seul jet 3^{cm^3} de HCl $n\,\frac{N}{1}$ pour 100^{cm^3} de sérum. Pour terminer, on fait tomber l'acide goutte à goutte jusqu'au moment précis où une touche sur papier de tournesol sensible, teinte lilas, de la marque Gallois, indique la neutra-

lité immédiate, la touche virant assez rapidement au bleu léger en séchant. L'expérience nous a montré que, pour le sérum normal de cheval, la neutralisation convenable s'obtient très sensiblement aux environs de 3^{cm^3}, 4 de HCl $\frac{N}{1}$.

La déminéralisation du sérum neutralisé s'effectue en milieu hydroacétonique, la séparation des corps gras et des substances extractives s'opère en même temps.

Un volume de sérum neutralisé est précipité par 2^{vol}, 5 d'acétone pure. Après filtration sur entonnoir de porcelaine, la masse des protéines est malaxée avec 1^{vol} d'acétone, puis essorée à deux reprises; enfin, lavée à froid à l'éther.

Le gâteau des albuminoïdes, sans être trop morcelé, est déposé dans une capsule, recouvert d'eau distillée (70^{cm^3} environ pour 100^{cm^3} de sérum) et laissé ainsi en contact plusieurs heures. La matière se gonfle, devient transparente; il s'établit des courants de diffusions entre l'eau et les fragments solides; ceux-ci se craquellent et des stries blondes se répandent dans le liquide. Quand les échanges ne se produisent plus, le premier liquide est décanté et remplacé deux ou trois fois avec précaution pour éviter l'effritement des parties insolubles; on termine en broyant les parties solides qu'on lave à trois reprises par centrifugation après avoir saturé le milieu d'acide carbonique.

On obtient ainsi, en quelques heures, les protéines insolubles exemptes d'albumine, sous forme d'un précipité blanc grisâtre.

Les eaux de lavage renfermant l'albumine soluble (sérine des auteurs) sont réunies, saturées de CO^2 et filtrées; l'albumine est facilement isolée par addition à la liqueur d'un égal volume d'acétone. Après centrifugation, on obtient un précipité granuleux d'un blanc éclatant.

Les séparations mécaniques qui se présentent fréquemment au cours de ce travail ont été toujours complètement et rapidement exécutées avec les machines centrifugeuses Jouan.

II. La scission des deux groupes classiques des protéines du sérum n'est pas l'unique résultat de la technique que nous préconisons. On voit de suite qu'elle offre l'avantage de laisser disponible pour l'analyse ou autres essais, l'ensemble des substances contenues dans le sérum.

On peut en effet recueillir sans perte les liqueurs hydroacétoniques après la précipitation et le lavage des protéines, les concentrer à basse température dans le vide, chasser l'acétone et épuiser par l'éther le résidu aqueux.

L'éther retient les matières grasses et les lipoïdes, l'eau conserve en solution les substances minérales et tous les produits organiques solubles (sucre, urée, matières extractives) qui peuvent être dosés isolément.

Bien conduites, ces opérations donnent des résultats sensiblement

identiques avec un même sérum, mais variables avec des sérums de nature ou d'origine différentes.

Pour un sérum normal dont l'extrait sec oscille entre 89^g et 98^g par litre, on isole 42^g à 46^g de globulines insolubles, 30^g à 35^g de sérum et $3^g,4$ à $4^g,2$ de corps gras et lipoïdiques par litre de sérum.

Conclusion. — Notre méthode de travail diffère complètement des méthodes classiques étudiées par Hofmeister, Starke, Michaïloff, J. Kauder, basées sur la précipitation fractionnée des albuminoïdes sous l'action de doses massives de sels neutres (sulfates d'ammonium, de magnésium, de sodium) qui doivent ensuite être éliminées par dialyse. Elle repose sur la déminéralisation du milieu, ne met en œuvre que des actions chimiques extrêmement faibles et permet des séparations qui peuvent être quantitatives.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action de la chloropicrine sur quelques fermentations bactériennes.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mme **Rosenblatt**, présentée par M. E. Roux.

Nous avons signalé, dans une Note précédente [1], que la chloropicrine agissait énergiquement contre certains micro-organismes de fermentation appartenant à la classe des champignons. Nous montrerons aujourd'hui que l'action antiseptique de cette substance n'est pas moindre vis-à-vis des ferments bactériens que nous avons examinés.

Expériences sur le ferment lactique. — Nous avons choisi le ferment bulgare que l'un de nous avait particulièrement étudié autrefois [2] et qui est d'une grande activité.

Dans une première série d'expériences, le microbe a été ensemencé dans de l'eau de touraillons additionnée de 1 pour 100 de peptone Chap. et de 4 pour 100 de glucose. Le liquide nutritif, réparti par portions de 10^{cm^3} dans des tubes à essais, a été stérilisé une demi-heure à $+ 115°$, additionné après refroidissement de chloropicrine, ensemencé avec une culture récente et mis à l'étuve à $+ 37°$. Le glucose, dont le poids réel était de $0^g,380$ par tube, a plus ou moins disparu au cours de la culture, faisant place à de

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1350.
(2) G. Bertrand et Weisweiller, *Ann. Inst. Pasteur*, t. 20, 1906, p. 977.

l'acide lactique. On a dosé ce qui en restait après 10 jours. Voici les résultats obtenus :

Chloropicrine ajoutée en milligrammes par litre	Glucose disparu en milligrammes.	Glucose disparu pour 100.
0 (témoin non ensemencé)	0	0
0 (témoin ensemencé)	125	32,8
5 »	14	3,7
10 »	22	5,7
20 »	33	8,6
30 »	0	0
50 »	0	0

Dans une deuxième série d'expériences, on a ajouté à chacun des tubes une même quantité ($0^g,300$) de carbonate de calcium, dans le but de saturer au fur et à mesure l'acide lactique produit et de permettre ainsi au microbe de pousser plus loin la fermentation. Après 10 jours, on a dosé, d'une part, le glucose disparu; d'autre part, d'après le carbonate dissous, le poids d'acide lactique produit. On a trouvé :

Chloropicrine ajoutée en milligr. par litre.	Glucose disparu en milligr.	Glucose disparu pour 100.	Acide lactique produit en milligr.
0 (témoin non ensemencé)	0	0	0
0 (témoin ensemencé)	367	96,5	347
5 (ensemencé)	374	98,5	360
10 »	376	99,2	355
20 »	11	2,9	9
30 »	5	1,3	4,5
40 »	»	»	9
50 »	»	»	9
60 »	»	»	9

En remarquant que les quantités de sucre disparues et d'acide lactique produites ne peuvent être trouvées qu'à 2^{mg} ou 3^{mg} près pour les premières et à 5^{mg} à 10^{mg} près pour les secondes, on voit que la fermentation a été arrêtée par l'addition d'une dose de chloropicrine de 20^{mg} à 30^{mg} par litre, même dans le cas où la culture avait été réalisée dans un milieu très favorable, contenant du carbonate de calcium.

Expériences sur le ferment ammoniacal. Nous nous sommes servis d'un microbe, retiré d'une urine en putréfaction, qui transformait rapidement

l'urée en carbonate d'ammoniaque. Nous l'avons ensemencé dans de l'urine filtrée, répartie par portions de 20^{cm^3} dans des tubes à essais, et, après un temps de séjour à l'étuve à $+36°$ bien supérieur à celui qui était nécessaire pour assurer la fermentation totale de l'urée dans les tubes témoins, nous avons dosé l'ammoniaque. Nous avons fait deux séries d'expériences, sur deux urines différentes. Dans la première, les tubes sont restés 6 jours à l'étuve et, dans la seconde, 11 jours. Nous avons obtenu les chiffres suivants, exprimés en NH^3 par litre :

Chloropicrine ajoutée en millig. par litre.	1re série d'expériences.	2e série d'expériences.
0	5g,0	4g,63
5	2,98	3,56
10	0,99	2,43
20	0,36	0,42
30	0,41	0,39
40	0,40	0,42
50	0,37	0,40
60	0,37	0,37
80	0,36	0,37
100	0,36	0,37

Comme on avait trouvé $0^g,36$ d'ammoniaque par litre d'urine avant la culture (à $0^g,01$ près), ces résultats montrent que la dose de 50^{mg} à 60^{mg} de chloropicrine par litre suffit à entraver la fermentation ammoniacale de l'urine.

Expériences sur la bactérie du sorbose. — Un mélange de vin rouge et d'eau à parties égales a été filtré à travers une bougie de porcelaine et réparti aseptiquement dans des vases coniques préalablement stérilisés à l'autoclave. La chloropicrine ayant été introduite, comme dans les autres expériences, sous forme de solutions titrées, on a ensemencé en prenant les précautions recommandées antérieurement par l'un de nous [1].

En l'absence de chloropicrine la bactérie du sorbose s'est d'abord développée, comme d'habitude, dans le fond du liquide ; en l'espace de 5 à 8 jours, suivant les vins, elle a gagné ensuite la surface où elle a donné une zooglée gélatineuse et translucide, devenant vite très épaisse.

En présence, au contraire, de doses même très petites de chloropicrine,

---

[1] G. Bertrand, *Ann. Phys. Chim.*, 8e série, t. 3, 1904, p. 181-288.

la culture n'a pas eu lieu. La bactérie du sorbose est, à cet égard, plus sensible que l'*Aspergillus niger* vis-à-vis de l'argent [1] : $\frac{1}{10}$ de milligramme de chloropicrine par litre suffit, en effet, pour arrêter tout développement.

Ces résultats, joints à ceux qui ont déjà été publiés, montrent que la chloropicrine exerce une forte action toxique sur toutes les cellules vivantes et qu'elle est comparable, dans certains cas, aux antiseptiques les plus puissants.

BACTÉRIOLOGIE. — *Variations des matières grasses du bacille tuberculeux cultivé sur milieux définis en présence de terres du groupe cérique.* Note de M. **Albert Frouin**, présentée par M. Laveran.

J'ai cultivé le bacille tuberculeux sur un milieu simple et chimiquement défini.

Eau distillée	1000
Sulfate de magnésie	1
Phosphate bipotassique	1
Citrate de soude	1
Asparagine	5
Glycérine	60

En ajoutant à ce milieu divers sucres : glucose, lévulose ou lactose, à la dose de 5^g par litre, on favorise le développement de la culture qui est presque complet en 15 jours, donne le rendement maximum en un mois, pour diminuer ensuite de poids. En ajoutant à ce milieu des sulfates de cérium, de lanthane, de néodyme, de praséodyme ou de samarium, à la dose de $\frac{1}{40000}$, on diminue le rendement maximum de la culture de 35 à 40 pour 100. Si l'on essaye de faire des passages successifs en présence de ces sels, aucun développement ne se produit, il n'y a donc pas d'accoutumance du microbe vis-à-vis des terres rares, mais, au contraire, une augmentation de l'action empêchante de ces sels sur le développement du bacille tuberculeux du type humain.

J'ai fait antérieurement, en collaboration avec H. Agulhon, des recherches sur l'extraction des matières solubles dans les divers solvants organiques, et nous avons constaté que l'alcool à l'ébullition enlève au bacille tuberculeux la plus grande quantité, et pratiquement la totalité des matières solubles dans les divers solvants organiques. Voici les résultats obtenus au moyen

(1) Raulin, *Thèse*, 1870. — G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1213.

des divers solvants employés successivement sur le bacille tuberculeux de diverses origines ayant servi à préparer la tuberculine.

	I.	II.	III.
Acétone	26,50	-	-
Éther	-	28,50	-
Alcool	-	2,16	35,34
Chloroforme	1,9	2,96	0,42
Benzène	0,14	-	—o—
Totaux	28,54	33,62	35,76

On constate que les épuisements successifs par acétone, chloroforme, benzène donnent 28,54 pour 100; l'épuisement par éther, alcool, chloroforme 33,62 pour 100; par l'alcool, chloroforme, benzène 35,76 pour 100.

Pour l'étude des variations des matières grasses, les bacilles développés sur les milieux indiqués, sont retirés de l'étuve après 15, 30 ou 45 jours; stérilisés à 100° pendant une heure, centrifugés, lavés à l'eau distillée, séchés à l'étuve à 60° puis dans le vide jusqu'à poids constant, épuisés par l'alcool absolu dans l'appareil de Kumagawa. L'alcool évaporé laisse un résidu en partie soluble dans l'acétone bouillant. Cette portion est constituée par les acides gras libres, des graisses neutres, des cires, des éthers d'alcools supérieurs, des carbures. La portion insoluble dans l'acétone renferme des acides gras, du phosphore, de l'azote et une substance gommeuse qui donne du glucose par hydrolyse avec les acides. Nous la considérons comme une jécorine.

Voici les résultats rapportés à 100^{gr} de microbes secs cultivés sur milieu asparagine + glycérine + glucose, sur lequel le bacille tuberculeux se développe abondamment.

Culture.	Témoins.	Praséodyme.	Néodyme.	Lanthane.	Cérium.
15 jours matières grasses totales	20,31	19,50	18,28	19,40	17,8
soluble acétone	8,90	7,27	6,82	8,25	10,20
insoluble	11,41	12,23	11,46	11,15	7,6
1 mois matières grasses totales	24,37	20,16	24,07	23,07	20,9
soluble acétone	15,44	14,34	14,46	14,33	10,9
insoluble	8,93	5,82	9,61	8,74	10,0
45 jours matières grasses totales	24,89	22,61	23,47	22,85	25,87
soluble acétone	16,25	16,78	17,32	15,79	17,93
insoluble	8,64	5,83	6,15	7,06	7,94

J'ai obtenu des résultats de même ordre dans le milieu asparagine + glycérine additionné de lévulose, de lactose ou de maltose.

D'après ces expériences on voit :

1° Que le taux le plus élevé des matières solubles dans l'alcool n'est que de 24,89 pour 100, tandis que nous avons trouvé 35,76 pour 100 dans les bacilles cultivés sur bouillon peptoné glycériné.

2° Les sels de terres rares diminuent, surtout au début, le taux des graisses et des cires, cette diminution est plus nette encore si l'on retire la culture après 8 jours d'étuve; dans ce cas le microbe cultivé sur milieu additionné de sels, donne 11 pour 100 d'extrait alcoolique, tandis que cultivé sur milieu sans terres rares il renferme 15 pour 100.

3° Nous voyons enfin qu'après 15 jours la portion soluble dans l'acétone est plus petite que la portion insoluble, tandis qu'au bout de 1 mois et de 45 jours ces quantités sont inversées. Il y a donc augmentation des acides gras, des graisses neutres, des cires et diminution de la jécorine.

4° J'ai cherché si le bacille tuberculeux développé sur un milieu ne contenant pas de glycérine, renferme les mêmes quantités de substances solubles dans l'alcool. Sur un milieu asparagine + mannite + glucose, le bacille *type humain* donne en 1 mois un rendement correspondant au tiers du rendement sur milieu asparagine + glycérine + glucose. La quantité de matières solubles dans l'alcool n'est que de 8 pour 100 du poids de microbes secs au lieu de 20,31 pour 100 que l'on trouve sur milieu asparagine + glycérine. L'addition de sels de terres rares à ce milieu a fait baisser cette proportion à 6 pour 100.

Je n'ai pu caractériser, sur la petite quantité de matière obtenue, que des acides gras libres, des éthers d'alcools supérieurs, mais pas de glycérine. Il paraît que, dans ce cas, le microbe ne fait pas de graisses neutres. Ses caractères morphologiques et sa colorabilité ne sont pas modifiés. Il y aurait lieu de rechercher si la virulence et la résistance de ce bacille dépourvu de graisses, pauvre en acide gras et en cires, n'est pas diminuée.

PATHOLOGIE. — *Suractivité trophique, cellule géante et cancer.* Note de M. F. **Ladreyt**, présentée par M. Edmond Perrier.

La cellule intestinale présente, au cours de son évolution, un polymorphisme morphologique et fonctionnel auquel j'ai donné le nom de dédifférenciation physiologique : c'est ainsi, par exemple, qu'un trophocyte banal se transforme en cellule muqueuse ou séreuse et que certaines cellules géantes *normales* de l'épithélium intestinal absorbent, sécrètent, accumulent des réserves et des excreta, etc. (1). L'évolution de ces éléments est conditionnée par un certain nombre de facteurs dont le plus important paraît être la suractivité trophique déterminée soit par un surmenage physiologique ou expérimental (trophocytes intestinaux de divers Sélaciens) soit par la vascularisation intensive et plus ou moins prolongée d'une région (épithélium tubaire, glande mammaire, etc.).

Arrivées au terme de leur développement, les cellules géantes normales de l'épithélium intestinal se chambrent dans le tissu conjonctif ou font hernie dans la cavité digestive ; d'une façon générale, elles ne dépassent pas ce stade et dégénèrent sur place : j'ai donné à ces éléments le nom de *cellules géantes involutives*. Dans certains cas, ces formations franchissent leur stade de régression pour constituer un deuxième groupe d'éléments, les cellules géantes néoplasmogènes dont la morphologie (dépolarisation du chondriome, prédominance des chondriocontes fonctionnels, etc.) me paraît être la traduction d'une potentialité évolutive nouvelle. Tandis que les cellules géantes involutives empiètent à peine sur la limite inférieure du conjonctif intestinal, les cellules géantes néoplasmogènes refoulent profondément le chorion ou donnent naissance, du côté de la cavité digestive, à des kystes minuscules dans lesquels sont accumulés de très nombreux noyaux caractérisés par un énorme nucléole : l'ensemble de ces formations constitue un épithélioma *typique* ou encore une polypose adénomateuse dont l'évolution ultérieure est fonction de la réaction du stroma.

En effet, si la zone conjonctive édifie rapidement du tissu de sclérose, les tubes épithéliaux dégénèrent ; dans le cas contraire, la néoformation épi-

(1) Cf. Ladreyt, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 665 ; *Bull. Inst. océan. Monaco*, 1919 et 1920.

théliale différencie de petites masses nucléées atypiques dont la migration, dans le conjonctif, semble favorisée par la rupture de la paroi du polycaryocyte néoplasmogène : l'adénome s'est mué en cancer. Parallèlement à cette transformation morphologique se développent, dans la cellule cancéreuse, des propriétés chimiques sur lesquelles repose vraisemblablement la malignité de ces formations : l'élément cancéreux sécrète un ferment (?) protéolytique qui dissout plus ou moins l'albumine de tous les tissus. Ce fait nous rend compte de la cachexie cancéreuse de même que les réactions plus ou moins énergiques du conjonctif nous permettent de comprendre l'évolution capricieuse de cette cachexie ; en résumé, la barrière scléreuse : 1° isole du milieu nutritif la cellule néoplasique, carence cet élément dont elle arrête ainsi le développement ; 2° elle s'oppose à la résorption sanguine du ferment néoplasique.

La biologie de la cellule cancéreuse paraît résulter de sa migration dans la profondeur des tissus. Toute cellule *fixe*, en effet, est soumise à un ensemble de conditions déterminées à la fois par sa situation topographique et son hérédité : la morphologie et l'évolution de la cellule intestinale, par exemple, sont fonction des facteurs physico-chimiques résultant des relations latérales de cet élément et des conditions d'équilibre conditionnées par le milieu extérieur (cavité intestinale) et le milieu intérieur (zone conjonctivo-vasculaire) qui limitent ses pôles. Cette cellule intestinale s'enfonce-t-elle dans le conjonctif? Les conditions biologiques du milieu primitif, normal, n'étant plus réalisées, la cellule se dédifférencie comme se dédifférencient les éléments cultivés sur plasma, milieu qui vraisemblablement ne réalise pas les conditions d'équilibre, de pression, de chimisme, etc., que la cellule rencontre dans l'organisme. Les cultures d'organes sur plasma, *in vitro*, ne présentent-elles pas des analogies physico-chimiques avec les *cultures in vivo* des néoformations? Les deux faits essentiels (dédifférenciation, exaltation végétative) qui accompagnent l'évolution des tissus cultivés sur plasma caractérisent également le développement des cellules néoplasiques et rien ne ressemble davantage à une formation cancéreuse que la zone fertile de certains tissus.

Conclusions. — A. La cellule intestinale présente, pendant son évolution, une dédifférenciation physiologique réversible; dans certains cas, cette dédifférenciation est en quelque sorte *dégradée* en ce sens que la cellule est impuissante, après une première transformation, à récupérer sa forme pri-

mitive (cellules géantes *normales* de l'intestin). — B. Parmi les cellules géantes, les unes (cellules géantes involutives) fonctionnent comme trophocytes, les autres (cellules géantes néoplasmogènes) prolifèrent dans le chorion et peuvent dégénérer sur place (*tumeur bénigne*) ou donner naissance à des cellules atypiques dont la sécrétion dissout les albumines de l'organisme (*cancer*). — C. La cellule cancéreuse n'est pas un élément embryonnaire sommeillant au sein des tissus et dont la potentialité évolutive est brusquement réveillée, mais une cellule dédifférenciée dont l'évolution est fonction des réactions conjonctives qu'elle suscite.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Lésions cutanées déterminées par certains composés vésicants.* Note de MM. **Fauré-Fremiet**, **Guieysse**, **Magne** et **A. Mayer**, présentée par M. Henneguy.

Victor Meyer a signalé, en 1884, les propriétés irritantes à l'égard du tégument de certains éthers sulfures halogénés tels que le sulfure d'éthyle dichloré. Ce même corps, et d'autres composés tels que certaines arsines, jouissant de propriétés analogues, ont reçu pendant la guerre un usage militaire.

Nous avons fait l'étude histologique des lésions déterminées par ces corps « vésicants », soit sur la peau humaine (pièces d'autopsie communiquées par les centres médico-légaux d'armée), soit sur la peau du Chien, du Lapin, du Cheval (étude expérimentale).

Au point de vue histopathologique, nous distinguerons :

1° Des lésions immédiates de l'épiderme;

2° Des lésions immédiates du derme;

3° Des lésions épidermiques secondaires.

Remarquons tout de suite que l'ensemble de ces lésions constitue un tableau histopathologique très différent suivant que l'on considère les lésions cutanées de l'Homme ou de l'animal, ou même, chez l'Homme, les lésions cutanées du tronc et des membres, du visage ou du scrotum.

1° *Lésions immédiates de l'épiderme.* — Nous n'avons aucune donnée précise sur les lésions primitives de l'épiderme de l'Homme atteint par un corps vésicant. Chez le Cheval comme chez le Lapin, aucune altération morphologique des cellules malpighiennes n'est visible dans les premières

heures qui suivent l'action du sulfure d'éthyle dichloré par exemple. Cependant, chez l'Homme comme chez l'animal, nous avons fréquemment observé, après des atteintes légères, un gonflement anormal soit des assises superficielles du corps muqueux, soit de la couche cornée; après des atteintes plus fortes, la colorabilité des éléments épidermiques semble indiquer une véritable mortification.

2° *Lésions immédiates du derme.* — Chez l'Homme, la congestion du corps papillaire, correspondant à l'érythème, est la règle dans tous les cas d'atteinte même légère du tégument par un corps vésicant; chez le Cheval, tout le réseau capillaire superficiel est ectasié. Si l'atteinte est plus forte, la congestion s'étend au plan vasculaire hypodermique, tandis que tous les vaisseaux superficiels sont thrombosés.

L'œdème du derme se produit alors; chez l'Homme, il n'est accentué qu'au scrotum et probablement au visage; chez le Lapin et le Cheval il apparaît avec intensité en toute région du tégument atteinte par un corps vésicant. Les faisceaux conjonctifs sont dissociés par un abondant transsudat dans la région superficielle et dans l'hypoderme; le chorion demeure plus résistant, mais on note une dilatation marquée des fentes lymphatiques.

En même temps les vaisseaux ectasiés montrent une margination leucocytaire périphérique qui marque le début d'une diapédèse importante et d'une infiltration du tissu œdématié par les polynucléaires [1].

Dans certains cas (arsines halogénées), cette infiltration reste localisée aux alentours des vaisseaux qui sont enveloppés d'une gaine leucocytaire, et, tandis que de place en place se forment des micro-abcès, le transsudat qui distend la trame conjonctive reste par ailleurs cytologiquement vide. Dans d'autres cas (sulfure d'éthyle dichloré), l'infiltration est au contraire diffuse, et tout le derme œdématié est envahi par une grande quantité de leucocytes qui dégénèrent sur place.

3° *Lésions épidermiques secondaires.* — Ces lésions sont caractérisées chez l'Homme par la formation de phlyctènes et de vésicules que l'on n'observe presque jamais chez le Cheval ou le Lapin, ou par la formation d'escarres qui sont au contraire fréquentes chez ces animaux.

---

(1) Chez l'Homme et le Cheval ce sont surtout des polynucléaires neutrophiles et chez le Lapin des polynucléaires éosinophiles.

A. *Phlyctènes.* — La peau humaine légérement atteinte montre parfois un œdème papillaire qui semble préluder à un décollement épidermique plus ou moins étendu lorsque le transsudat se répand entre le corps muqueux et le tissu conjonctif sous-jacent. Mais au lieu d'un décollement total on peut observer un clivage des couches malpighiennes et la formation d'une phlyctène parfois très étendue *intra-épidermique*. Dans ce cas les cellules épineuses peuvent constituer à l'intérieur de la phlyctène des traînées d'arrachements dans lesquelles les fibrilles spiralées demeurent souvent visibles. Le contenu de la phlyctène est séreux ou séro-fibrineux; il renferme généralement quelques leucocytes et quelques débris cellulaires. A chaque extrémité de décollement, on observe une vésiculation des cellules épineuses demeurées en place.

B. *Vésicules.* — Les vésicules apparaissent chez l'Homme, par décollement limité du corps muqueux (scrotum) ou par une colliquation intra-épidermique. Dans l'un et l'autre cas on remarque soit une vésiculation endocellulaire (altération cavitaire de Leloir), soit un œdème intersticiel du corps muqueux conduisant à l'état spongoïde de Unna et suivi d'une rupture des filaments d'union et de la dégénérescence acantholytique des cellules épineuses. La paroi épithéliale des vésicules ainsi formées montre toujours une limite imprécise et le contenu est constitué par un coagulum fibrineux enrobant des leucocytes et de nombreux débris de cellules ballonisées presque toujours chargées de pigment ocre.

Dans quelques cas, nous avons constaté une forte infiltration leucocytaire de ces vésicules ou même la formation de pustules à contenu purulent.

C. *Escarres.* — Lorsque les lésions primitives du derme sont très accentuées, si elles entraînent la thrombose de tous les vaisseaux du corps papillaire par exemple, l'épiderme est bientôt entièrement mortifié; on n'observe plus la formation ni de vésicules ni de phlyctènes, mais seulement d'une véritable escarre. Cette lésion secondaire est celle que l'on observe le plus fréquemment chez le Cheval et le Lapin.

4° *Cicatrisation.* — Peu après l'action du sulfure d'éthyle dichloré, on observe chez le Cheval dans la profondeur du derme œdématié, une grande activité des cellules conjonctives fixes qui commencent à organiser le transsudat.

Du côté épidermique, la réparation s'effectue chez l'Homme comme chez l'animal par la multiplication des cellules malpighiennes demeurées nor-

male et par le glissement des éléments néoformés sur le plancher des vésicules et des phlyctènes. Dans le cas des escarres épidermiques, particulièrement chez le Cheval, il se produit un sillon d'élimination et l'épiderme périphérique prolifère et s'insinue au-dessous des tissus nécrosés, assurant ainsi une cicatrisation sous-crustacée.

Chez l'Homme, il ne reste généralement pas de cicatrice visible, mais on observe toujours, même après les atteintes légères, une pigmentation plus ou moins accentuée et très persistante. Chez le Cheval, il reste, au contraire, une cicatrice glabre et dépigmentée.

5° *Conclusions.* — L'action des composés vésicants est nettement distincte de celle des caustiques escarrotiques qui entraînent une destruction énergique des tissus; elle se traduit par des phénomènes congestifs souvent accompagnés d'œdème comme en produisent fréquemment les caustiques corrosifs; mais les altérations épidermiques conduisant à la formation des vésicules acantholytiques rappellent souvent les lésions dues à certains corps utilisés en thérapeuthique (cantharide, par exemple); les cellules épineuses semblent cependant plus gravement atteintes, car on ne rencontre jamais de figures de division dans les régions épidermiques lésées.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 17 mai 1920.)

Note de M. *Jules Andrade*, Le spiral compensateur et les nouveaux problèmes de la mécanique du réglage :

Page 1160, ligne 24, *au lieu de* grâce à la disposition du balancier coupé, *lire* grâce à la disparition du balancier coupé.

Note de M. *L. Thielemans*, Calculs et diagrammes des lignes de transport de force à longue distance :

Page 1170, formule (1), *au lieu de* $+(I_0)\frac{\sqrt{Y}}{\sqrt{Z}}$, *lire* $+(I_0)\frac{\sqrt{Z}}{\sqrt{Y}}$; *au lieu de* $+(V_0)\frac{\sqrt{Z}}{\sqrt{Y}}$, *lire* $+(V_0)\frac{\sqrt{Y}}{\sqrt{Z}}$.

(Séance du 25 mai 1920.)

Note de M. *L. Thielemans*, Régulation des lignes de transport de force à longue distance :

Page 1249, ligne 11, *au lieu de* la valeur de g, *lire* la valeur de ζ; note (²), *au lieu de* une valeur particulière de g que nous désignerons par ζ, *lire* une valeur particulière de ζ que nous désignerons par ζ_0.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUIN 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après l'élection d'un Correspondant, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Je dois vous annoncer une bien triste nouvelle qui m'est communiquée à l'instant même. Notre éminent confrère, M. **Adolphe Carnot**, membre libre de notre Académie, est décédé ce matin à Paris.

Il portait un nom célèbre dans les annales de notre Histoire. Son grand-père Lazare Carnot, son père et son frère ont occupé les plus hautes fonctions de l'État, et son oncle a attaché le nom des Carnot à l'une des plus grandes lois de la physique. Il a été le digne continuateur de ses illustres devanciers; et, à la fois sur le terrain politique et le terrain scientifique, il a maintenu les grandes traditions de sa famille.

Sorti de l'École Polytechnique dans les premiers rangs avec le titre d'ingénieur, il a été attaché pendant de longues années, comme professeur, puis comme directeur, à notre École nationale des Mines. Il s'est consacré principalement à l'Analyse des substances minérales, et a réalisé des progrès importants dans cette branche de la Chimie dont l'importance pratique est considérable. Plus tard il a été placé à la tête de la Grande Compagnie du Gaz parisien.

Il était assidu à nos séances, et ses avis portaient la marque d'un jugement très sûr et d'une expérience peu commune. Toujours simple et modeste, il avait conquis rapidement l'estime et le respect de tous ses confrères.

La perte nous est extrêmement pénible et l'Académie adresse à son illustre famille ses très sincères condoléances.

Je lève la séance publique en signe de deuil.

ÉLECTIONS.

En remplacement de M. *Boulvin*, décédé, M. **L. Torres Quevedo**, à Madrid, est élu Correspondant pour la Section de Mécanique, par 33 voix contre 1 à Sir George Greenhill.

CORRESPONDANCE.

MM. **L.-E. Dickson**, **Ch. Riquier**, élus Correspondants pour la Section de Géométrie, et M. **Pierre Weiss**, élu correspondant pour la Section de Physique générale, adressent des remercîments à l'Académie.

M. **G. de Gironcourt** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait des subventions que l'Académie lui a accordées en 1913 et en 1914 sur les *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctions de l'hyperparaboloïde de révolution et fonctions hypersphériques*. Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Le but de cette Note est d'établir la proposition suivante :

Il existe, entre les polynomes hypersphériques zonaux et les fonctions de l'hyperparaboloïde de révolution, une connexion semblable à celle qui existe entre les polynomes de Legendre et les fonctions du cylindre parabolique.

Rappelons tout d'abord la définition suivante [1] : si deux équations différentielles linéaires et homogènes (E) et (D) sont telles qu'en dérivant n fois par rapport à la variable indépendante l'équation (D), on retombe sur l'équation (E), nous dirons que (D) est l'*équation de Didon* de (E). La

[1] Cf. *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 523, et *Nouv. Ann. de Math.*, 4e série, t. 19, décembre 1919.

définition s'étend sans peine à un système d'équations aux dérivées partielles, en considérant des dérivées prises m fois par rapport à x et n fois par rapport à y.

Ceci posé, considérons l'équation des polynomes de Legendre

$$(E_1) \qquad (x^2-1)y'' + 2xy' - n(n+1)y = 0,$$

et son équation de Didon

$$(D_1) \qquad (x^2-1)z'' - 2(n-1)xz' - 2nz = 0.$$

Dans cette dernière équation, remplaçons x par $\frac{x}{\sqrt{n}}$, puis faisons croître n indéfiniment, nous obtenons à la limite l'équation

$$(D_2) \qquad z'' + 2xz' + 2z = 0,$$

qui est à son tour l'équation de Didon de

$$(E_2) \qquad y'' + 2xy' + 2(n+2)y = 0.$$

Or, cette équation (E_2) est vérifiée par

$$y = x^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{x^2}{2}} W_{-\frac{n}{2}-\frac{3}{2}, -\frac{1}{4}}(-x^2),$$

où W est la fonction à une variable de M. Whittaker, qui, comme on sait, est une des fonctions du cylindre parabolique, lorsque son deuxième indice est égal à $-\frac{1}{4}$. On voit ainsi de quelle nature est la connexion que nous signalions pour le cas d'une variable.

Dans le domaine à deux variables, considérons alors les polynomes hypersphériques zonaux $V_{m,n}(x, y)$, étudiés par Hermite et Didon, et rattachés par M. Appell au potentiel dans l'espace à quatre dimensions. Ces fonctions jouent précisément le même rôle que les polynomes de Legendre. Or, elles satisfont à un système (S_1) d'équations aux dérivées partielles du second ordre, dont le système de Didon est

$$(\Delta_1) \qquad \begin{cases} (1-x^2)r - xys + (N-3)px + Nqy + 2Nz = 0, \\ (1-y^2)t - xys + Npx + (N-3)qy + 2Nz = 0, \end{cases}$$

avec $N = m + n$. Remplaçant x et y par $\frac{x}{\sqrt{N}}$ et $\frac{y}{\sqrt{N}}$, et faisant croître N indéfiniment, nous obtenons à la limite le système (dont nous n'écrivons qu'une équation)

$$(\Delta_2) \qquad r + px + qy + 2z = 0$$

qui est à son tour le système de Didon de

$$(S_2) \qquad r + px + qy + (m + n + 2)u = 0.$$

On vérifiera sans peine que ce système est satisfait par la fonction

$$u = x^{-\frac{1}{2}} y^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{4}(x^2+y^2)} W_{-\frac{m+n+1}{2}, -\frac{1}{4}, -\frac{1}{4}} \left(-\frac{x^2}{2}, -\frac{y^2}{2} \right),$$

où W est la fonction à deux variables que nous avons définie récemment, et qui, lorsque ses deux derniers indices sont égaux à $-\frac{1}{4}$, est du type des fonctions de l'hyperparaboloïde de révolution ([1]). Le rapprochement avec le cas d'une variable établit donc la proposition annoncée.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le choix de la densité de remplissage dans la conception des moteurs d'aviation à explosions.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. G. Kœnigs.

L'aviation, au moment où les circonstances de guerre ont exigé un développement extrêmement rapide, se trouvait en présence des résultats considérables acquis par les progrès antérieurs de la technique automobile. Elle a naturellement transporté sur les avions les moteurs à explosion très poussés, dits *de course*, étudiés pour l'alimentation dans l'atmosphère normale du sol; elle les a fait évoluer très rapidement aux points de vue de la puissance unitaire et de l'allégement des pièces, mais beaucoup plus timidement au point de vue de la conception thermodynamique.

Il est intéressant d'étudier maintenant, à loisir, le problème du moteur d'aviation considéré en soi, abstraction faite des facteurs historiques rappelés ci-dessus. En particulier, le moteur d'aviation est destiné à fonctionner non dans une atmosphère donnée et invariable, mais dans de l'air à densités très diverses; on peut se demander quelle est la densité de remplissage des cylindrées D la plus avantageuse à choisir dans la conception d'un tel moteur.

Nous nous bornerons au cas des moteurs à explosion, seuls utilisés jusqu'ici, laissant en particulier de côté les moteurs à combustion progressive par injection, qui apporteront peut-être des solutions très intéressantes (parce qu'ils suppriment l'incompatibilité entre le remplissage à forte densité et la compression élevée).

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 564, 832, 1152.

Nous les supposerons munis d'hélices réglables capables d'absorber à toute altitude la puissance normale pour laquelle le moteur est conçu et construit. Il est sous-entendu que, aux diverses altitudes z, on peut faire intervenir soit un appareil de suralimentation forcée, soit un limiteur d'admission, pour réaliser la densité de remplissage D choisie, lorsqu'elle est, soit plus grande, soit plus faible, que la densité d_z obtenue par alimentation normale à l'altitude z.

Choisir D revient à choisir l'*altitude de construction* Z, c'est-à-dire l'altitude où l'alimentation normale donne la densité de remplissage $d_Z = D$. (Dans cette manière de parler, des valeurs de D plus grandes que d_0 seraient représentées par des valeurs négatives de Z.)

Les *altitudes d'adaptation* seront celles pour lesquelles on peut effectivement régler la densité de remplissage à la valeur D choisie, et par conséquent maintenir le moteur à sa puissance normale (pour sa vitesse de régime normal). Elles sont comprises entre deux limites h et H, qui elles-mêmes contiennent Z; on abaisse h au-dessous de Z par le limiteur d'admission, et l'on élève H au-dessus de Z par le suralimenteur.

Le moteur ayant à évoluer, avec son hélice réglable, entre O et son altitude maximum d'évolution normale L, on devra chercher à réaliser les deux conditions simultanées $h \leqq 0$ et $H \geqq L$.

Les considérations qui interviennent dans le choix de Z sont très diverses, et nous allons seulement chercher ici à les classer.

Un certain nombre de conditions sont introduites par des considérations liées uniquement aux appareils auxiliaires de suralimentation et de limitation (prix de revient, complication, sécurité, limites d'efficacité). Par exemple : si l'on ne veut pas utiliser de suralimenteur, on devra faire $Z = L (= H)$; si l'efficacité du suralimenteur est limitée par une condition de la forme $(H - Z) \leqq f(Z)$, on devra satisfaire à $Z \geqq L - f(Z)$; si l'on ne voulait pas employer de limiteur d'admission, il faudrait faire $Z \leqq 0$.

D'autres considérations sont introduites par la recherche de la puissance massique maximum :

Si la faible consommation spécifique tient une place prépondérante (cas des voyages de très longue durée), on sera amené à élever Z (diminuer D) en vue de pouvoir augmenter, sans auto-allumages, le coefficient volumétrique de compression $\rho = \frac{V + v}{v}$, et par là le rendement thermique. On est toutefois limité dans cette voie par une diminution corrélative du rendement mécanique [les pertes par frottements d'inertie restant les mêmes (quel que soit Z) pour les moteurs *à compression maximum* de volume donné, tandis que leur puissance brute diminue en même temps que D].

Si la légèreté du moteur est l'élément primordial (cas des vols de courte durée), on sera amené au contraire à diminuer ρ pour réduire le rapport

entre la pression instantanée d'explosion (à laquelle est lié le poids des pièces) et la pression motrice moyenne (à laquelle est liée la puissance du moteur) : Cela permet d'abaisser Z (augmenter D); on aura effectivement intérêt à user de cette faculté, car la réduction corrélative des dimensions géométriques permet, pour une valeur de ρ et une puissance données, de réduire le poids du moteur et d'améliorer dans une certaine mesure son rendement mécanique. On est toutefois limité dans cette voie par le fait que la suralimentation, toujours possible en principe, coûtera d'autant plus cher (en surcharge; et en puissance absorbée, c'est-à-dire retranchée au moteur) que Z est plus bas au-dessous de H.

On voit combien complexes et contradictoires sont les éléments à faire intervenir pour guider l'expérimentation nécessaire en vue de choisir, pour chaque espèce d'avion, l'altitude de construction Z optimum du moteur.

Considérons, par exemple, le cas où l'on se proposerait de faire voler normalement un avion à l'altitude $H = 11\,000^m$ et d'utiliser la suralimentation (presque gratuite en puissance absorbée, et peu coûteuse en surcharge) du turbo-compresseur Rateau actuel à aubages simples. Cet appareil ne semble pas pouvoir faire plus que doubler la densité d'alimentation [cas $(H-Z) \geqq f(Z)$], c'est-à-dire donner vers $11\,000^m$ la même densité que l'alimentation normale vers 5300^m. Alors Z serait au moins égal à 5300^m; c'est-à-dire qu'il serait rationnel de concevoir et d'étudier le moteur comme l'auraient été les moteurs de course automobile si la densité de l'atmosphère au sol était celle qui règne à 5300^m d'altitude. Si l'on conserve aux pièces les mêmes résistances et les mêmes poids que dans le moteur normal de même volume, on pourra élever le coefficient de compression jusqu'à la valeur maximum admissible ρ_{5300} (voisine de 8, au lieu de $\rho_0 = 4,7$); si l'on prend, au contraire, $\rho < \rho_{5300}$, on pourra garder la même robustesse en réduisant le poids du moteur. Le moteur pourra donc être simultanément :

Suralimenté et *surcomprimé* (au maximum), si $\rho = \rho_{5300}$;
Suralimenté, *surcomprimé*, et *allégé*, si $\rho_0 < \rho < \rho_{5300}$;
Suralimenté, *sous-comprimé*, et *allégé*, si $\rho < \rho_0$.

ASTRONOMIE. — *Sur différents phénomènes observés sur la planète Mars dans la présente opposition.* Note de M. **R. Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Les études poursuivies cette année, dans ma station de Sétif, ont fait constater en particulier, sur le disque de la planète Mars, des changements fort importants survenus depuis 1918. Je ne signalerai ici que pour mémoire l'apparition d'une immense plage très sombre située sur la région dénommée *Aeria* et attenant à la zone sombre appelée *Syrtis Major*, dont elle forme une

sorte de cap ou de promontoire. Cette plage nouvelle occupe approximativement l'emplacement d'une très pâle grisaille portée sur les cartes sous le nom d'*Astaboræ Fons*. Mais tandis qu'Astaboræ Fons était autrefois quasi invisible, et en tous les cas extrêmement pâle, petite et incertaine dans ses contours, la plage nouvelle est très vaste, fort sombre et se discerne au premier coup d'œil.

Il semble qu'un phénomène anormal ayant quelques-unes des apparences des cataclysmes déjà signalés par moi dans mes publications précédentes ait eu lieu dans l'angle formé par cette plage et le rivage de Syrtis Major, mais nos observations de cette région ne commencèrent qu'au cours du cataclysme; aussi ne pouvons-nous affirmer que la plage sombre existât déjà auparavant dans toute son étendue.

Mais c'est particulièrement sur la réapparition de *Nix Olimpica* que je désire appeler l'attention. Schiaparelli découvrit et nomma ainsi cette plage claire en 1879. Dans son *Memoria Seconda*, il indique qu'il fit en tout 9 observations de Nix Olimpica. La première date du 10 novembre 1879 et a dernière du 22 décembre de la même année. Six mesures furent prises par Schiaparelli : le Tableau suivant met en comparaison les mesures trouvées par Schiaparelli à Milan et celles prises à Sétif.

Centre de Nix Olimpica.

Dates.	Long.	Dist. au pôle Sud.	Lieu d'obs.	Auteur.
Novembre et décembre 1879...	129°,41	110°,63	Milan.	Schiaparelli.
22 mars 1920................	129°,8	109°,85	Sétif.	G. Fournier.

Centre de la plage claire entourant Nix Olimpica.

1er mars 1918...............	117°,5	105°,5	Sétif.	P. Briault.
20 et 22 mars 1920...........	132°,7	109°,7	Sétif.	G. Fournier.

Trois mesures furent prises à Sétif en 1920 du centre de Nix Olimpica et cinq du centre de la blancheur entourant la Nix. Ces mesures furent prises les 20 et 22 mars. En 1918, une seule mesure a pu être utilisée, celle du 1er mars et encore, comme la plage claire était assez éloignée du centre du disque, la longitude présente une certaine indécision.

Nix Olimpica, très exiguë et plus blanche que la plage claire qui l'entoure, n'est pas située vers le centre de celle-ci, mais plutôt sur son bord Sud-Est. Tant en 1918 qu'en 1920, on trouve que le diamètre de la plage claire mesurait environ 17°, mais la Nix Olimpica elle-même n'aurait qu'à peine 5°.

A ma connaissance, des mesures de Nix Olimpica n'avaient pas été prises depuis celles de Schiaparelli en 1879. En 1881, cet astronome la rechercha en vain. En 1907, 1909, 1911-1912, 1913-1914, 1915-1916, nous n'en vîmes aucune trace dans mes différents observatoires. D'ailleurs elle n'avait pour ainsi dire jamais été revue nettement depuis 1879, sauf dernièrement.

Si la concordance véritablement extraordinaire des mesures, étant données les difficultés inhérentes à ces observations, ne permet pas de mettre en doute la réapparition de Nix Olimpica en 1920, dans le même emplacement qu'elle occupait en 1879, il ne s'ensuit pas que la nature de cette blancheur soit la même.

En effet, en 1879, on était au milieu de l'hiver martien boréal, tandis qu'en 1920 on était au milieu de son été. En 1879, la calotte polaire boréale, très développée, avançait une sorte de prolongement en forme de rameau dans la direction et relativement assez près de Nix Olimpica. On pouvait donc admettre que la matière blanche polaire s'était formée sur une région plus élevée située à cet endroit; mais, en 1920 en particulier, la calotte polaire était vers son minimum d'étendue et son bord se trouvait à plus de 50° de Nix Olimpica. Un autre fait est à signaler : en 1918, j'avais remarqué que la plage claire où est englobée Nix Olimpica était plus claire au cours de l'après-midi martien que dans la matinée. En 1920, la même remarque était encore faite. J'ai télégraphié à M. W. Pickering, à la Jamaïque, la réapparition de Nix Olimpica et ai attiré son attention sur sa plus grande blancheur au cours de l'après-midi martien. M. Pickering me répondit qu'il avait aussi constaté ce fait qui paraît donc aussi parfaitement acquis. Ce n'est pas d'ailleurs la seule plage claire qui le devienne généralement davantage au cours de l'après-midi : nos observations en ont décelé un grand nombre d'autres. L'hypothèse suivante paraît pouvoir être soutenue : il existerait dans cette région des chaînes montagneuses ou un plateau élevé s'étendant sur 17° de longitude et autant de latitude; en tous les cas, le maximum d'élévation de cette région se trouverait dans sa partie Sud-Est. Il est possible qu'au cours de l'hiver martien les matières blanches polaires y apparaissent de façon tout à fait exceptionnelle; mais, en été, il semblerait que ce soient plutôt des masses brumeuses qui amènent ces apparences claires.

Toutefois, on doit se demander pourquoi ces manifestations se produisent à de si grands intervalles et non de façon très fréquente, sinon presque journalière, comme on le constate dans d'autres régions martiennes.

PHYSIQUE. — *Sur deux modes de rectification des courants par les galènes.* Note [1] de Mme **Paule Collet**, présentée par M. J. Violle.

On sait que l'on distingue le sulfure de plomb cristallisé ou galène, des échantillons dits *sensibles*, qui, intercalés dans un circuit de réception d'oscillations électriques, permettent de reconnaître par la vibration sonore de la membrane d'un téléphone placé dans le circuit le passage des trains d'ondes. On dit qu'un tel cristal *rectifie* les ondes, parce que tout se passe, à première vue, comme s'il les redressait, livrant en somme passage à un courant moyen d'un certain sens susceptible d'actionner la membrane téléphonique.

Il est toujours possible de vérifier l'existence de ce courant moyen en plaçant un galvanomètre en dérivation aux bornes d'une galène parcourue par des ondes. Cette propriété de la galène rentre dans le caractère général des détecteurs, corps ne suivant pas la loi d'Ohm.

Les nombreuses expériences que j'ai faites en lançant dans la galène soit des courants alternatifs, soit des courants interrompus à fréquence musicale, soit des trains d'ondes entretenues ou amorties de fréquence atteignant 2000000, m'ont amenée à distinguer deux genres de rectification.

1° *Faibles énergies.* — Aux faibles énergies, qui sont de l'ordre de celles mises en jeu dans les réceptions de T.S.F., j'ai utilisé des courants alternatifs ou des trains d'ondes; le galvanomètre décèle alors un courant continu. Tous les caractères de ce phénomène le rapprochent de celui qui se passe dans le fonctionnement de la galène en détecteur de T.S.F. Dans les deux cas, le phénomène est instable et irrégulier; inexistant pour les galènes ordinaires, il dépend essentiellement pour les cristaux sensibles du point de contact choisi. Il n'y a pas de rapport net entre la grandeur de ce courant continu et l'énergie du courant alternatif ou des ondes reçues, si bien que ceux-ci semblent n'avoir servi qu'à produire un déclanchement.

Ce courant continu a toujours le même sens; il correspond pour la galène sur laquelle appuie une pointe métallique, d'ailleurs quelconque, à un afflux positif du cristal à la pointe.

On pouvait d'ailleurs prévoir que, sous ces faibles potentiels ne dépassant guère quelques volts, la rectification se ferait bien dans ce sens. En effet,

[1] Séance du 14 juin 1920.

si, aux bornes d'une galène, on applique des différences de potentiel de l'ordre du volt et dont on renverse successivement le sens, on observe des dissymétries dans l'intensité du courant continu créé. On peut se représenter cette dissymétrie en admettant qu'une force électromotrice de sens quelconque, appliquée aux bornes, crée un afflux positif de la galène à la pointe, dont l'effet se superpose au courant normal qui se produirait sans cela.

2° *Grandes énergies.* — Aux grandes énergies, au contraire, les galènes sensibles ne se différencient plus des autres. *Tous les points donnent uniformément des courants rectifiés qui correspondent cette fois à un afflux négatif du cristal à la pointe.* D'ailleurs ces courants, dont l'intensité reste faible, varient très régulièrement avec l'énergie reçue. Il n'y a donc plus là un simple déclanchement, mais un phénomène stable et non plus capricieux, comme celui qu'on observe aux points sensibles pour les faibles énergies.

Ce second mode de rectification ne donne plus de courant appréciable, en des points non sensibles, quand on opère aux faibles énergies du premier cas; pour les points sensibles il n'est plus visible, car il est masqué par la rectification ordinaire. Si donc on opère par énergies croissantes, les points sensibles présenteront d'abord des phénomènes de rectification intenses, irréguliers; puis il se produira un renversement du sens du courant rectifié auquel succédera un courant faible, stable, croissant progressivement. Les points non sensibles ne présenteront au contraire que ce second stade du phénomène.

A titre d'exemple, voici les résultats obtenus pour un point sensible et pour un point non sensible, avec des trains d'ondes amorties d'énergie connue en microjoules [1] :

		Énergie des ondes.					
		0,6.	2,6.	16.	145.	405.	610.
Déviations.	Point sensible........	—13	—36	—32	—12	16	30
	Point non sensible....	0	0,2	1,1	6,7	17	21

Des expériences nombreuses, que je ne peux décrire ici, permettent d'affirmer que la seconde rectification, bien que liée à l'énergie incidente, n'est pas simplement due à un phénomène thermo-électrique.

Ainsi, aux grandes énergies, les propriétés propres aux points sensibles

(1) Voir, pour les expériences en ondes amorties, une précédente Note aux *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 90.

n'interviennent plus que d'une façon secondaire; elles sont masquées par une propriété générale de toutes les galènes. Les courants rectifiés de seconde espèce sont d'ailleurs très faibles, eu égard aux phénomènes incidents, à l'inverse de ce qui a lieu dans la détection proprement dite; et ceci fait comprendre pourquoi la galène est un mauvais détecteur pour les grandes énergies, comme on l'a constaté maintes fois, en particulier dans des expériences de microphonie ou de téléphonie sans fil.

J'ai pu mettre en évidence que ce mauvais fonctionnement est uniquement dû à un excès d'énergie, en utilisant le condensateur-microphone de M. Rothé.

Le dispositif du poste émetteur à lampes, décrit dans une précédente Note [1], est simplement modifié par la substitution, au condensateur variable du circuit primaire, d'un condensateur-microphone, dont la capacité varie sous l'influence de la voix. Dans le dispositif habituel d'écoute, on branche sur le condensateur du circuit secondaire un amplificateur-détecteur à lampes, dont le téléphone reproduit fidèlement la parole.

Si l'on essaie de substituer à l'amplificateur-détecteur à lampes une galène détectrice, on n'entend rien au téléphone, même après amplification. Mais *il suffit, pour pouvoir utiliser la galène, de réduire d'une manière quelconque l'énergie dans le circuit secondaire*, à condition toutefois que les variations d'intensité du courant dues à la parole restent suffisantes. Par exemple on peut intercaler dans le secondaire un enroulement couplé de façon lâche avec un second enroulement identique, qui constitue, avec une galène et une petite capacité, un second circuit induit apériodique. Un amplificateur basse fréquence, branché aux bornes de cette capacité, donne alors une réception téléphonique excellente.

On sait que l'on peut aussi placer une antenne et une prise de terre aux bornes de la capacité du secondaire, et faire ainsi, à distance, de la réception de téléphonie sans fil, par antenne ou par cadre, avec une galène réceptrice, ce qui est une autre manière de réduire l'énergie dans la galène.

Ces diverses expériences prouvent surabondamment que, pourvu que l'intensité induite soit suffisamment faible, le fonctionnement de la galène devient convenable et la réception téléphonique intense : c'est alors la rectification proprement dite qui entre en jeu.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1378.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques réactions amorcées.*
Note de M. **Ernest Berger**, présentée par M. Georges Lemoine.

J'appellerai, pour abréger, réactions *amorcées*, les réactions entre corps solides intimement mélangés qui se poursuivent lorsqu'un point de la masse a été porté à une température suffisante au moyen d'une amorce. Ce sont, par exemple, les réactions dites d'*aluminothermie*, où l'aluminium réagit sur un corps susceptible de lui céder de l'oxygène.

On peut préciser cette définition en spécifiant que la réaction amorcée diffère de la réaction *explosive*, en ce qu'elle ne prend pas le régime de détonation, caractérisé par la propagation par onde; et qu'elle diffère aussi, en ce qu'elle dégage peu ou point de gaz, de la réaction de *déflagration*, caractérisée par la propagation par flamme (poudre noire). Cette deuxième distinction est moins nette que la première : on peut trouver des intermédiaires entre la combustion de la thermite ($Fe^2O^3 + Al^2$) qui, sèche, ne dégage aucun gaz, celle du mélange fer-nitrate de potasse qui donne 55^l d'azote par kilogramme, et celle de la poudre noire qui fournit 300^l de gaz.

On peut aussi mentionner, pour beaucoup de ces réactions, la nécessité d'amorcer à une température plus haute que celle des flammes usuelles. C'est l'idée d'employer une réaction auxiliaire comme amorce qui constitue essentiellement l'invention de Goldsmith (1897). Dès 1892, dans son cours à Chaptal, M. Maquenne indiquait qu'il suffit de chauffer, sur un bec Bunsen, en un seul point, le mélange sable-magnésium pour déclancher la réaction; pour la thermite, ce procédé d'amorçage eût été impuissant.

Par contre, j'ai vérifié que de nombreuses réactions exothermiques classiques, qu'on provoque habituellement par chauffage de toute la masse, peuvent être réalisées, avec le mélange froid, par amorçage, constituant ainsi de belles expériences de cours. Je citerai : la synthèse des sulfures de fer et de cuivre ; la combustion, par les nitrates ou les chlorates, des métaux en poudre : Al, Zn, Fe, Cr, Mn ; la préparation du carbure de baryum (Maquenne) par ($BaCO^3 + Mg$); celle du bore (Moissan) par ($B^2O^3 + Mg$); etc.

J'indiquerai ici quelques réactions amorcées, que j'ai étudiées au cours de la guerre, pour des applications pyrotechniques ou dans le but de produire des gaz ou des fumées.

Amorce. — Je me suis toujours servi, comme amorce, du mélange de

60 de nitrate de potasse ou de soude et 40 de siliciure de calcium industriel. Ce mélange, peu coûteux, brûle à température très élevée; il s'enflamme avec une flamme quelconque, même avec une allumette ([1]).

Bien que ne dégageant que 120^{l} environ de gaz par kilogramme, il peut fonctionner comme une « poudre noire » de déflagration lente; comprimé, granulé et lissé, il est capable de bien assurer le fonctionnement d'un obus à balles; brûlé dans la bombe manométrique, il a donné des caractéristiques (covolume : 0,5; force : 3500) voisines de celles de la poudre noire. La flamme est brillante et photogénique.

I. *Production de phosphore et d'arsenic en vapeurs.* — MM. Matignon et Trannoy ([2]) ont déjà réduit les phosphates en phosphures, par l'aluminium. Les quantités de chaleur indiquant que la réduction de P^2O^5 par Al est possible, j'ai tenté la réduction, non de l'anhydride trop hygroscopique, mais du phosphate de bore, corps pulvérulent insoluble, obtenu par évaporation du mélange d'acides phosphorique et borique et calcination, qu'on écrit BPO^4 ou $(P^2O^5 + B^2O^3)$. Le mélange de ce corps avec l'aluminium théorique, s'amorce bien et produit des vapeurs de phosphore qui brûlent, en fumant, à l'air. Le siliciure de calcium ne peut pas remplacer l'aluminium.

Par contre, l'arséniate de bore et l'anhydride arsénieux sont réductibles, par réaction amorcée, par l'aluminium et le siliciure de calcium.

II. *Réduction des sulfates alcalino-terreux par le phosphore.* — On ne peut faire brûler *rapidement*, à l'air, le phosphore rouge, et d'autre part ses mélanges avec les oxydants sont dangereux. On peut, sans risques, accélérer sa combustion en lui faisant réduire du sulfate de baryum ou de calcium. La chaleur de la réduction dépolymérise du phosphore rouge en excès qui brûle avec flamme; on peut employer 3 à 4 fois la quantité de phosphore correspondant à l'équation

$$5CaSO^4 + 8P = 5CaS + P^2O^5.$$

III. *Préparation des fluorures de silicium et de bore.* — Le fluorure de plomb, pulvérulent, insoluble, facile à préparer, a une chaleur de formation relativement faible. Le plomb est déplacé, par réaction amorcée, non

([1]) La même amorce mélangée d'une solution de gomme arabique est appliquée sur un papier : après séchage, le papier est découpé en bandes qui servent très commodément à l'allumage.

([2]) *Comptes rendus*, t. **141**, 1905, p. 190, et t. **148**, 1909, p. 167.

seulement par des métaux (Ca — Al — Mg), mais par le silicium et le bore.

Avec le silicium industriel, la réaction s'amorce facilement et est quantitative :

$$2\,PbF^2 + Si = SiF^4 + 2\,Pb.$$

Avec le bore elle est plus difficile à amorcer ; on prépare facilement BF^3 en allumant le mélange ($B^2O^3 + Al^2 + 3\,PbF^2$). Par contre, le mélange ($B^2O^3 + 3\,Mg + 3\,PbF^2$), qui brûle très vivement, ne donne que du fluorure de magnésium ; on explique cette différence en comparant les chaleurs de formation des oxydes et des fluorures des deux métaux.

Comme application, j'avais songé à utiliser les propriétés antiseptiques de ces fluorures à la désinfection des locaux ; des essais bactériologiques [1] n'ont donné que des résultats médiocres : à 5^g par mètre cube, seuls les bacilles peu résistants (typhique, diphtérique) ont été détruits, tandis qu'à la même dose le formol assure la désinfection totale.

IV. *Réactions amorcées du siliciure de calcium.* — Le siliciure de calcium industriel, réducteur par ses deux éléments, peut dans beaucoup de cas remplacer l'aluminium (on le compte, en raison des impuretés, pour 70 pour 100 de $CaSi^2$) ; il est moins coûteux. Mélangé avec l'oxyde de fer, il donne une thermite au siliciure ; il réduit les sulfates.

Il se combine, par réaction amorcée, au soufre :

$$CaSi^2 + 5\,S = CaS + 2\,SiS^2.$$

Le sulfure de silicium se sublime; avec le phosphore rouge il donne du phosphure de calcium. Il réagit sur le fluorure de plomb, plus vivement que le silicium, en donnant ($CaF^2 + SiF^4$) ; mélangé aux fluorhydrates de fluorures alcalins, il s'enflamme spontanément.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution du sulfate chromique complexe gris lilas.* Note de M. **A. Recoura**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note précédente [2], j'ai décrit une nouvelle variété de sulfate chromique complexe, que j'ai appelée sulfate gris lilas, qui diffère des variétés complexes déjà connues en ce qu'elle n'est pas verte, en ce qu'elle

---

[1] Avec la collaboration de M. Mouchet, du Laboratoire municipal d'hygiène.

[2] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1163.

n'est pas moins hydratée que le sulfate violet normal et enfin, en ce que, peu complexe à l'origine, elle se transforme *spontanément*, en quelques heures, en un sulfate totalement complexe, sans que les circonstances extérieures influent sur cette transformation. Je me propose, dans cette Note, d'établir la constitution de ce nouveau composé et la cause de sa transformation spontanée en complexe. Pour cela, il est nécessaire de rappeler brièvement les circonstances de sa formation.

Une dissolution étendue de sulfate violet normal, qui vient d'être faite, évolue spontanément et s'arrête, au bout d'un temps assez long, à un état d'équilibre qui dépend de sa température et de sa concentration. La dissolution vieillie est un mélange de sulfate violet normal (insoluble dans l'alcool concentré et précipitable par lui) et de sulfate vert (soluble dans l'alcool). Si l'on concentre rapidement dans le vide cette dissolution vieillie, jusqu'à ce qu'elle soit saturée et qu'on la traite aussitôt par un excès d'alcool concentré, l'alcool, au lieu de précipiter, comme dans le cas de la solution étendue, du sulfate violet normal, précipite une poudre gris lilas, en même temps qu'il dissout le sulfate vert; mais la proportion de celui-ci est beaucoup moindre que dans le cas de la solution étendue.

La poudre gris lilas a pour composition $Cr^2 3SO^4, 18H^2O$. C'est le complexe dont j'ai décrit les propriétés. Il paraissait probable, d'après les circonstances de sa production, que ce composé devait être une combinaison de sulfate violet et de sulfate vert, combinaison insoluble dans l'alcool concentré et précipitée par lui. Il est facile de le démontrer. Si, en effet, on met le sulfate gris lilas en contact avec de l'alcool moins concentré (alcool à 75°), celui-ci le dédouble *complètement* en sulfate vert, qui le dissout, et en sulfate violet insoluble. Dans le sulfate vert, la totalité des ions SO^4 est dissimulée ; dans le sulfate violet, la totalité des ions SO^4 est précipitable. Et il s'agit bien d'une combinaison entre les deux sulfates et non pas d'un mélange, car le sulfate vert, je m'en suis assuré, est soluble dans l'alcool concentré et n'aurait pas, par conséquent, été précipité par lui, s'il n'avait été combiné avec le sulfate violet. La proportion des deux sulfates dans la combinaison est sensiblement de une molécule de sulfate vert pour deux molécules de sulfate violet. Mais la proportion n'est pas rigoureuse, parce que la combinaison est entamée, quoique dans une faible mesure, par l'alcool concentré qui en a effectué la précipitation.

On se trouve donc en présence d'une sorte de chromosulfate de chrome, analogue aux chromosulfates métalliques que j'ai décrits autrefois ([1]) et qui proviennent de l'union du sulfate vert de chrome avec les autres sulfates métalliques. Mais tandis que, dans les chromosulfates, une molécule de sulfate vert fixe au maximum 3 radicaux SO^4, ici elle en fixe 6.

Il reste à expliquer la propriété la plus curieuse de ce composé. J'ai rappelé que, peu complexe à l'origine, il se transforme spontanément en quelques heures en un sulfate totalement complexe et j'ai donné, dans la

([1]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 4.

Note précitée, un Tableau de cette variation de la complexité avec le temps. Or, si l'on dédouble par l'alcool dilué le sulfate gris lilas aux divers stades de sa transformation, on trouve qu'il renferme toujours la même proportion de sulfate vert et de sulfate violet et que le sulfate vert est toujours tridissimulé et le sulfate violet toujours le sulfate normal. D'autre part, si l'on détermine la complexité du composé *immédiatement* après sa formation, on trouve que la quantité de SO^4 précipitable qu'il renferme alors est exactement celle du sulfate violet qu'il contient. Il faut donc conclure de là que le sulfate gris lilas est formé par l'union du sulfate violet normal avec un sulfate vert tridissimulé qui, à l'origine, n'exerce aucune action dissimulatrice sur les radicaux SO^4 du sulfate violet, et qui se transforme spontanément en quelques heures, dans le produit solide, en une autre variété de sulfate vert, également tridissimulé, mais qui a le pouvoir de dissimuler les six radicaux SO^4 du sulfate violet. Or il est facile de démontrer que cette transformation spontanée du sulfate vert n'est autre chose que sa transformation en sulfate polymérisé, c'est-à-dire que le sulfate vert, qui vient d'être précipité de sa dissolution avec le sulfate violet, est le sulfate $Cr^2 3SO^4$, tandis que celui qui existe dans le produit âgé de plusieurs heures est le sulfate $[Cr^2 3SO^4]^2$. On ne peut pas en faire la démonstration directement, parce que le sulfate vert, que l'on extrait du sulfate gris lilas, est en solution dans l'alcool, mais j'en ai fait la démonstration en sens inverse, de la façon suivante :

J'ai préparé directement du sulfate vert par le procédé que j'ai indiqué autrefois et je l'ai dissous dans l'eau. Or il résulte des mesures de M. Colson [1] que ce sulfate, dissous dans l'eau, se dépolymérise avec une grande rapidité à la température ordinaire, que la dissolution, qui renferme au début le sulfate $[Cr^2 3SO^4]^2$, renferme au bout de quelques heures le sulfate vert dépolymérisé $Cr^2 3SO^4$, *mais toujours tridissimulé*. J'ai réalisé le mélange $1^{mol.}$ sulfate vert + $2^{mol.}$ sulfate violet, c'est-à-dire le mélange correspondant à la composition du sulfate gris lilas, en prenant des dissolutions de sulfate vert d'âge croissant, et j'ai déterminé chaque fois immédiatement la complexité du mélange, dans les mêmes conditions que pour le sulfate gris lilas et j'ai trouvé les résultats suivants :

Mélange $1^{mol.}$ sulfate vert + $2^{mol.}$ sulfate violet.

Age de la dissolution du sulfate vert conservée à 20°.	Molécules de sulfate violet dissimulées.
30 minutes	2
1 heure	1,8
2 heures	0,94
4 heures	0

(1) *Ann. de Chim.*, 8e série, t. 12.

Ces mesures établissent d'une façon indiscutable l'influence de la polymérisation du sulfate vert sur la propriété qu'il a de dissimuler les radicaux SO^4 du sulfate violet. Il est donc très vraisemblable que, lors de la précipitation du sulfate gris lilas par l'alcool, le sulfate vert, qui est un de ses constituants, a été précipité dans l'état dépolymérisé qu'il avait dans la dissolution, et que, une fois solide, il prend spontanément en quelques heures la forme polymérisée, qui est la forme normale de tous les sulfates verts à l'état solide, comme l'a établi M. Colson. Ainsi s'explique la transformation du sulfate gris lilas.

J'ajouterai que c'est là un cas particulier d'un phénomène général. Le sulfate vert de chrome, *lorsqu'il est polymérisé*, a le pouvoir de masquer les radicaux SO^4 de tous les autres sulfates métalliques, dans des proportions insoupçonnées jusqu'ici, bien au delà de celles que j'avais indiquées dans mes recherches antérieures sur les chromosulfates. Mais ces nouveaux chromopolysulfates sont des complexes fragiles et, pour pouvoir observer leurs propriétés, il faut se placer dans des conditions bien déterminées, que je préciserai dans un travail consacré à ces nouvelles combinaisons.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la précipitation des sels mercuriques par l'hydrogène sulfuré.* Note de MM. **Pierre Jolibois** et **Pierre Bouvier**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Lorsqu'on précipite une solution étendue d'un sel mercurique par l'hydrogène sulfuré, le composé qui prend naissance passe par une série de colorations allant depuis le blanc jusqu'au noir, en présence d'un excès d'hydrogène sulfuré. Les savants qui ont cherché à déterminer la composition des précipités qui se forment dans cette réaction classique de l'analyse chimique ont été amenés à décrire un grand nombre de combinaisons (¹) dont les formules sont

$$2HgS, HgCl^2; \quad 3HgS, HgCl^2; \quad 4HgS, HgCl^2.$$

Nous avons repris ce travail en appliquant la nouvelle méthode de précipitation décrite par l'un de nous dans des Notes précédentes (²), méthode qui devait permettre d'isoler chacun des états intermédiaires correspondant

(¹) Polek et Gorki, *Ber. chem. Gesell.*, t. 21, 1888, p. 2412.

(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1095 et 1161.

aux différentes couleurs du précipité. Dans un des récipients, nous avons placé une solution de H^2S contenant $\frac{1}{20}$ de molécule par litre; dans l'autre, une solution de $HgCl^2$ dont la teneur a varié d'une expérience à l'autre. Le précipité qui s'est formé par le mélange de ces deux liqueurs a été recueilli par filtration, séché et analysé. La teneur en soufre a été déterminée, après oxydation par l'eau régale, en précipitant cet élément à l'état de SO^4Ba.

Le Tableau suivant résume les résultats que nous avons obtenus :

Titre de la solution de H^2S.	Titre de la solution de $HgCl^2$.	Couleur du précipité.	Teneur en soufre.	
$\frac{1}{20}$ normal...	$\frac{1}{40}$ normal	noir	13,8 p. 100	*Théorie :*
» ...	$\frac{1}{20}$ »	noir	13,9 »	HgS 13,8 p. 100
» ...	$\frac{1}{16}$ »	noir	13,5 »	2HgS, $HgCl^2$ 8,7 p. 100
» ...	$\frac{1}{13,2}$ »	brun foncé	12,7 »	
» ...	$\frac{1}{11,5}$ »	rouge brunâtre	10,1 »	
» ...	$\frac{1}{10}$ »	jaune	9,2 »	
» ...	$\frac{1}{9}$ »	blanc	8,9 »	
» ...	$\frac{1}{8}$ »	blanc	8,6 »	

Ce Tableau montre que la composition du précipité, constante lorsqu'il y a excès d'hydrogène sulfuré ou excès de bichlorure de mercure, correspond dans le premier cas à la formule HgS, dans le deuxième à la formule $2HgS, HgCl^2$ composé déjà bien étudié par de nombreux auteurs (¹).

Quant aux précipités intermédiaires obtenus, leur composition varie proportionnellement à la teneur du liquide en bichlorure entre des limites assez voisines.

Ceci semble indiquer que les corps obtenus dans cette précipitation ne peuvent être constitués que par du sulfure de mercure, de chlorosulfure de mercure ou le mélange de ces deux combinaisons. Il nous paraît donc probable que seuls ces deux composés définis se forment par précipitation et qu'il n'y a pas lieu de considérer comme existantes les autres combinaisons décrites.

(¹) Moissan, t. 5, p. 309.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Changement thermique des propriétés élastiques des aciers au nickel.* Note de M. **P. Chevenard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'étude des coefficients thermiques relatifs à la flexion et à la torsion des alliages du fer et du nickel, limitée d'abord à un faible intervalle de température, a permis cependant à M. Guillaume de prévoir, par l'application de la règle des états correspondants, l'allure des changements qu'éprouvent les propriétés élastiques de ces alliages dans un intervalle étendu. L'exactitude de ces prévisions a été confirmée par les travaux de M. Ch.-E. Guye et ceux de F. Robin. Mais leurs expériences, qui ont porté sur un petit nombre d'alliages, n'ont pas permis jusqu'ici le tracé de diagrammes complets. Je me suis d'abord attaché à l'obtention de données suffisantes pour l'exécution de ces diagrammes, relatifs à un état déterminé des alliages, puis j'ai abordé l'étude de l'action des traitements. Cette Note se rapporte à l'élasticité de torsion.

La méthode est celle que j'ai employée dans l'étude de l'anomalie d'élasticité des aciers au carbone : détermination de la durée et du décrément d'oscillation d'un pendule de torsion. Les expériences, exécutées aux Aciéries d'Imphy de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville, ont porté sur 28 alliages ne renfermant que la quantité de manganèse indispensable au forgeage (0,3 et 0,7 pour 100 suivant la teneur en nickel).

État stable à chaud. — Une recherche préliminaire ayant montré que les propriétés d'un alliage recuit entre 600° et 800° sont sensiblement indépendantes de l'état initial, tous les alliages ont été soumis, avant l'étude de leurs propriétés élastiques, à un recuit à 700°.

La figure 1 donne, à titre d'exemple, par les courbes 3, la valeur du module (lignes pleines) et le décrément (traits). La brusque croissance de ce dernier laisse prévoir qu'au delà de 400°, les expériences deviennent très incertaines.

Le coefficient thermo-élastique vrai, $\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\partial \mu}{\partial \theta}$ croît pendant toute la transformation, puis diminue brusquement dans la région du point de Curie.

État stable à froid. — Les alliages à basse teneur sont, comme on sait,

irréversibles. Les fils appartenant à cette catégorie et dont la teneur en nickel était supérieure à 20 pour 100 ont été d'abord refroidis dans l'azote

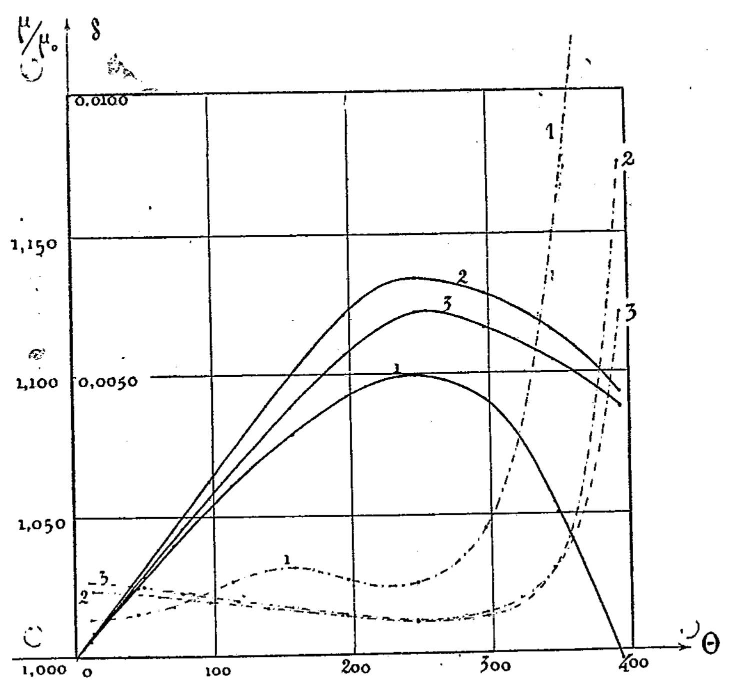


Fig. 1. — *Traits pleins :* Rapport des modules de torsion aux températures Θ et o dans un acier au nickel à 36 pour 100 Ni (1, écroui; 2, trempé; 3, recuit). *Traits et points :* Valeur du décrément.

liquide, puis revenus pendant longtemps à une température un peu inférieure à leur point A*c*.

Diagramme d'ensemble. — La figure 2 représente l'ensemble des résultats obtenus sur l'anomalie des alliages étudiés, soit la valeur du coefficient $\frac{1}{\mu_0}\cdot\frac{d\mu}{d\theta}$. L'allure de ce dernier est caractérisée, dans les alliages réversibles, par une rapide ascension vers un maximum correspondant sensiblement au minimum de la dilatabilité, puis raccordement graduel, après un minimum peu accusé, à la valeur relative au nickel. Pour les alliages à l'état stable à froid, les résultats ne dénotent aucune anomalie.

Alliages trempés et écrouis. — La trempe et l'écrouissage diminuent la valeur du module, laquelle croît en même temps que la température de recuit, avec un maximum de rapidité entre 450° et 550°, et limite vers 600°.

Dans les alliages écrouis, le décrément, plus élevé que dans les alliages recuits, augmente lorsque les alliages ont été amenés à des températures

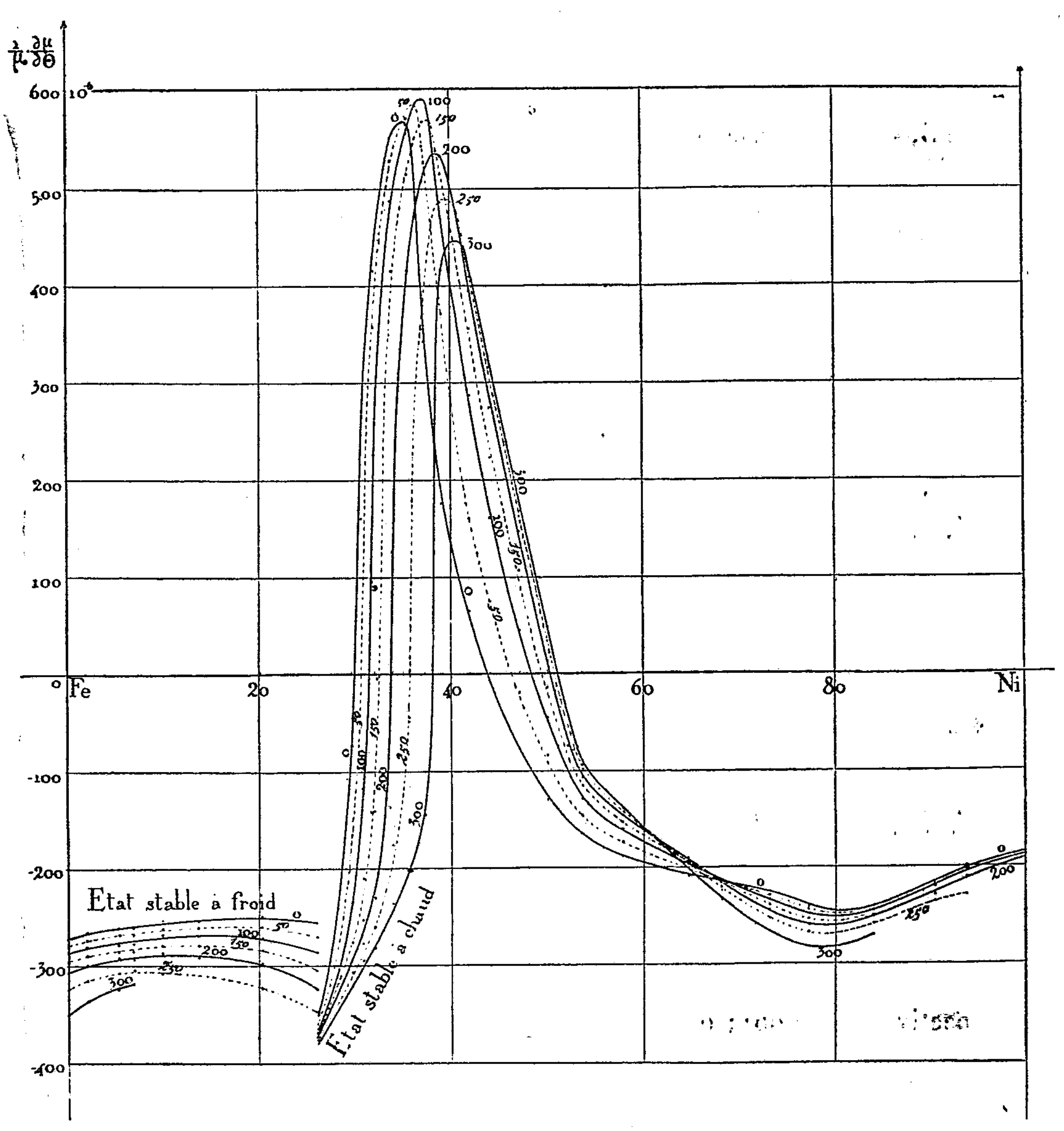


Fig. 2. — Valeurs du coefficient de variation du module de torsion pour l'ensemble des aciers au nickel irréversibles (état stable à froid) et réversibles, dans tout le domaine des températures (0° à 300°) où les résultats ne sont pas sensiblement modifiés par l'amortissement des oscillations.

de plus en plus hautes, jusque vers 500°, qui réalise l'état de l'alliage pour lequel la perte par frottement interne est la plus faible.

Comme pour les dilatabilités, ainsi que l'a montré M. Guillaume, le coefficient thermo-élastique est affecté par les traitements imposés à l'alliage. Mais ici, contrairement à ce qui se passe pour la dilatabilité, l'écrouissage diminue l'amplitude de l'anomalie, alors que la trempe l'augmente (*fig.* 1, courbes 1 et 2).

La différence entre les deux modes de changement, dans le cas du métal écroui, s'explique par le fait de l'anisotropie; la dilatation d'une tige étirée est déterminée dans le sens de l'étirage, tandis que, dans le cas de l'élasticité, une seule puissance intervient dans le sens de la longueur du fil et quatre dans le sens transversal.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par le platine colloïdal.* Note (¹) de M. **A. de Gregorio Rocasolano**, présentée par M. P. Sabatier.

Bredig et ses élèves, à la suite de leurs études sur la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par le platine colloïdal, concluent que la réaction est *monomoléculaire*, et peut donc être représentée par la formule

$$k = \frac{1}{t} \operatorname{Log} \frac{a}{a - x},$$

où a est la dose d'eau oxygénée au début de l'expérience et x la dose transformée au bout du temps t.

Cette conclusion, acceptée par ceux qui ont traité cette question, a conduit à admettre qu'il en est ainsi, parce que le platine fournit tout d'abord un oxyde instable (Haber et Bredig) dont la concentration demeure constante.

Nous avons repris l'étude de cette réaction, en employant comme catalyseurs des *électrosols* de platine à des concentrations variées, renfermant respectivement 0,001; 0,002; 0,003; 0,0007 de platine, pour 100. *Dans tous les cas*, nous sommes arrivés pour les valeurs de k calculées d'après la formule précédente, non à des constantes, mais à des quantités variables. Par conséquent, *ce n'est pas seulement l'eau oxygénée dont la concentration varie pendant la durée du phénomène :* la réaction n'est pas monomoléculaire ou de premier ordre.

---

[1] Séance du 14 juin 1920.

La réaction est toujours réalisée en ajoutant à 50^{cm^3} d'eau oxygénée 25^{cm^3} de l'électrosol, dans des matras maintenus dans une étuve à 28°.

Des résultats numériques nombreux obtenus ainsi pour des essais multiples effectués sous diverses concentrations, nous citerons seulement les suivants :

Temps en minutes.	Valeurs de k (pour les concentrations). 0,001.	0,002.	0,003.	0,007.
30	0,0009300	0,000945	0,001020	»
180	»	»	»	0,000514
1440	0,0002363	0,0003465	0,000381	0,000379
5760	0,0001690	0,0002712	0,000286	0,000254
10080	0,0001524	0,0002556	0,000292	0,000205

On voit que la valeur de k diminue rapidement avec le temps, mais que cette diminution devient moins importante à mesure que la valeur absolue de k s'accroît pour des concentrations plus élevées des électrosols.

En étudiant la décomposition de l'eau oxygénée sous l'action catalytique de l'iridium colloïdal, Brossa a vérifié une formule que, peu de temps avant, Senter avait indiquée pour représenter la vitesse de décomposition de l'eau oxygénée par l'*hémase* (diastase du sang) :

$$0,4343\, k = \frac{1}{t_1 - t_2} \operatorname{Log} \frac{a - x_1}{a - x_2},$$

$a - x_1$ et $a - x_2$ représentant les concentrations de l'eau oxygénée aux temps t_1 et t_2. En essayant d'appliquer cette formule aux résultats que nous avons obtenus, nous avons reconnu qu'elle n'est pas applicable, parce qu'elle conduit à des valeurs variables de k.

Si l'on compare les valeurs de k tirées de la première formule correspondant aux réactions monomoléculaires, nous avons indiqué que ces valeurs diminuent progressivement. Quand on opère avec des électrosols suffisamment dilués, les valeurs, après avoir diminué beaucoup, finissent par devenir sensiblement constantes, ce qui indique qu'après quelque temps la réaction est devenue à peu près monomoléculaire.

La représentation graphique de ces résultats conduit à des courbes, de formes semblables dans tous les cas, où à une décroissance rapide succède une ligne presque horizontale correspondant à la fin de la réaction. Il ne faudrait pas pourtant en déduire que la réaction serait monomoléculaire pour de grandes dilutions ; car même avec des liqueurs extrêmement diluées, on n'obtient pas pour k de valeurs constantes.

On conclura donc que ce n'est qu'à la fin de la réaction catalytique que la réaction devient monomoléculaire et que, seulement à ce moment, c'est l'eau oxygénée seule qui se transforme.

Pour confirmer cette explication, nous avons recueilli les dépôts coagulés de platine obtenus dans plusieurs décompositions catalytiques, et après les avoir desséchés à froid, nous les avons mis en suspension dans l'*eau pure*. Plusieurs catalyses, réalisées au moyen des liquides obtenus, ont fourni des réactions monomoléculaires : en leur appliquant la formule correspondante à ces dernières, on obtient pour k des valeurs constantes :

Temps (en minutes).	Valeur de k.	H^2O^2 détruite pour 100.
240	0,0001892	3,8
1440	0,0001867	23,6
4320	0,0001805	54,2
8640	0,0001891	80,5

Une autre série d'expériences a confirmé ces résultats. Nous catalysons l'eau oxygénée par un électrosol de platine : la réaction n'est pas monomoléculaire. Quand elle fut terminée, nous ajoutâmes 50^{cm^3} d'eau oxygénée : la nouvelle décomposition s'est effectuée comme réaction *monomoléculaire*.

Nous sommes ainsi conduits aux conclusions suivantes. Les réactions de décomposition de l'eau oxygénée par les électrosols de platine ne sont jamais monomoléculaires ou de premier ordre. L'eau oxygénée se transforme en se décomposant, mais *le catalyseur se transforme aussi*.

Mes recherches sur la constitution chimique des particules existant dans les systèmes microhétérogènes de platine, nous ont conduits à donner l'explication qui suit.

Les particules du platine catalyseur sont des solutions solides d'oxygène dans le métal, dont la concentration en oxygène va en diminuant depuis le début de la décomposition catalytique. Par suite la vitesse de la réaction diminue. Mais pour le système platine-oxygène, il existe à chaque température une concentration minima d'oxygène, et quand celle-ci est atteinte, le catalyseur subit les transformations correspondant aux réactions intermédiaires; mais sa concentration en oxygène reste constante, la réaction devenant ainsi monomoléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrolyse des polysaccharides.* Note [1] de M. E. **Hildt**, présentée par M. A. Haller.

La marche de l'hydrolyse des polysaccharides peut, en général, être étudiée au moyen du polarimètre, en utilisant la relation générale

$$\frac{x}{a}=\frac{\alpha_0-\alpha}{\alpha_0-\alpha'_0},$$

a étant la concentration initiale du sucre et x la quantité invertie au temps t correspondant à une rotation α; α_0 et α'_0 étant les rotations initiale et finale.

D'après la loi de l'action des masses, la vitesse de l'hydrolyse V est à chaque instant proportionnelle à la concentration $a-x$ et les relations

$$V=\frac{dx}{dt}=k(a-x) \qquad \text{et} \qquad k=\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{a}{a-x}=\frac{1}{t}\operatorname{Log}\frac{\alpha_0-\alpha'_0}{\alpha-\alpha'_0}$$

trouvées antérieurement par Wilhelmy ont été vérifiées par Fleury, Ostwald, etc.

On a toujours observé pour l'hydrolyse une plus grande vitesse avec les acides minéraux qu'avec les acides organiques, et si l'on admet que l'on est en présence d'une action spécifique de ions H libres, l'effet catalytique des acides doit être proportionnel au nombre des ions, ou, autrement dit, à leur dissociation électrolytique. Ostwald a pu ainsi classer les acides d'après leur force pour une concentration et une température données.

On a également observé qu'en présence de leurs sels neutres les acides forts augmentent et les acides faibles diminuent d'activité; mais cette distinction devient moins nette dans le cas du mélange

$$\frac{1}{2}SO^4H^2+C^6H^5.SO^3Na,$$

renfermant deux acides forts en présence de leurs sels sodiques, que nous avons proposé dans une Note antérieure [2], pour le dosage du lactose par inversion, en faisant remarquer son innocuité $\left(\text{en concentration } \frac{N}{5}\right.$ sur les produits du dédoublement après 6 à 8 heures de chauffage à $\left.95^\circ\text{-}98^\circ\right)$.

Depuis nous avons pu vérifier directement que, dans les mêmes conditions d'action de ce catalyseur, le glucose et le galactose purs conservent intacts leurs pouvoirs rotatoires et réducteurs, et que les polysaccharides

(1) Séance du 14 juin 1920.

(2) *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 756.

non lévulosiques : lactose, maltose, mélibiose glycogène, ne sont pas hydrolysés à la température ordinaire, tandis que, pour le saccharose, le raffinose et l'inuline, le « décrochement » du lévulose est complet même à la température ordinaire, après un temps suffisant, qui se réduit à moins de 1 heure à 95°-98° pour le saccharose et le raffinose.

A la température ordinaire le pouvoir rotatoire du lévulose pur subit une légère augmentation, conformément aux observations de Jungfleisch et Grimbert sur l'action des acides.

Le Tableau suivant résume les expériences faites à froid sur le saccharose, le raffinose et l'inuline pour une concentration d'acide $\frac{N}{5}$; les déviations α_0, α, α'_0 sont exprimées en degrés saccharimétriques pour le tube de 5^{dm}.

	Saccharose (t. moy. = 15°). $a = 0^g,95$ pour 100.			*Raffinose* (t. moy. = 14°). $a = 1^g$ pour 100.			*Inuline* (t. moy. = 14°). $a = 1^g,4$ pour 100.		
Heures n.	α.	$\frac{x}{a}$.	k.	α.	$\frac{x}{a}$.	k'.	α.	$\frac{x}{a}$.	k''.
0.......	14°,85	0,000	"	24°,4	0,000	"	−11°,6	0,000	"
14,5.....	11,5	0,170	0,005 58	"	"	"	"	"	"
16.......	"	"	"	"	"	"	−13,1	0,080	0,002 26
62,5.....	3,9	0,557	0,005 65	"	"	"	"	"	"
64.......	"	"	"	"	"	"	−17,1	0,295	0,002 37
65.......	"	"	"	18,8	0,462	0,004 45	"	"	"
110,5.....	0,5	0,738	0,005 28	"	"	"	"	"	"
112.......	"	"	"	"	"	"	−21,1	0,510	0,002 76
113.......	"	"	"	15,9	0,708	0,004 73	"	"	"
158,5.....	− 1,8	0,856	0,005 31	"	"	"	"	"	"
160.......	"	"	"	"	"	"	−24,4	0,688	0,003 16
161.......	"	"	"	14,6	0,819	0,004 61	"	"	"
163.......	− 2,2	0,876	0,005 38	"	"	"	"	"	"
184.......	"	"	"	"	"	"	−25,7	0,758	0,003 35
230.......	− 3,6	0,943	0,004 97	"	"	"	"	"	"
232.......	"	"	"	"	"	"	−27,7	0,865	0,003 75
233.......	"	"	"	13,9	0,888	0,004 08	"	"	"
274.......	− 3,9	0,964	0,005 26	"	"	"	"	"	"
281.......	"	"	"	13,0	0,955	0,004 79	"	"	"
318.......	"	"	"	"	"	"	−29,6	0,967	0,004 69
394.......	− 4,5	0,995	0,005 84	"	"	"	"	"	"
400.......	"	"	"	"	"	"	−30,0	0,989	0,004 92
401.......	"	"	"	12,5	0,997	0,005 50	"	"	"
442.......	− 4,6	1,000	"	"	"	"	"	"	"
448.......	"	"	"	"	"	"	−30,1	0,994	0,005 06
472.......	"	"	"	"	"	"	−30,2	1,000	"
∞........	− 4,6	1,000	"	12,4	1,000	"	−30,2	1,000	"

On peut remarquer que, pour le saccharose et le raffinose, les coefficients de vitesse K et K′ sont sensiblement constants, et rapprocher ces résultats de ceux qu'a obtenus Fleury (*Ann. Ch. Ph.*, 5ᵉ série, t. 7, p. 386), pour le saccharose, avec une solution $\frac{N}{5}$ SO^4H^2. Ici l'hydrolyse complète a exigé 442 heures au lieu de 119; or, si l'on admet dans le catalyseur la présence de bisulfate $NaHSO^4$, la concentration de l'acide benzènesulfonique n'est plus que de $\frac{N}{10}$; mais, d'après les Tables d'Ostwald, cette concentration devrait produire le même effet que $\frac{N}{5}$ SO^4H^2 utilisée par Fleury.

Dans l'hydrolyse de l'inuline, l'augmentation régulière de K″ ne peut s'expliquer par des erreurs d'observation et la loi de l'action des masses paraît ne pas s'appliquer dans la première phase jusqu'à une valeur de $\frac{x}{a}$ voisine de 0,668, pour laquelle la valeur de K″ a doublé. Or 0,662 représente justement la proportion d'anhydride, $4C^6H^{10}O^5$, renfermée dans la molécule $4C^6H^{10}O^5$; $C^{12}H^{22}O^{11}$, d'après Kiliani. Dans cette première phase, la vitesse d'hydrolyse est constante et représentée par une ligne droite; il peut donc y avoir un mécanisme différent pour l'hydratation de ces anhydrides $C^6H^{10}O^5$ et pour l'hydrolyse du noyau $C^{12}H^{22}O^{11}$ déjà hydraté et analogue au saccharose.

Enfin, la présence du glucose, déjà démontrée par Tanret dans l'inuline, se confirme pour cette inuline d'aunée ($\alpha_D = -36°$); on a, en effet, $\alpha'_0 = -30°,2$ et $\alpha_{D_{15}} = -87°,3$ au lieu de $\alpha'_0 = -32°,1$ et $\alpha_{D_{15}} = -93°$ que donnerait le lévulose seul. Toutefois, la rotation finale α'_0 correspondrait ici à 23 de lévulose pour 1 de glucose, en sorte que, pour avoir $24C^6H^{12}O^6$, il faudrait seulement quadrupler la formule de Kiliani et le poids moléculaire de cette inuline ne serait que de 3,960.

MINÉRALOGIE. — *Le quartz secondaire et le quartz rhomboédrique dans les minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey.* Note de M. **L. Cayeux**, présentée par M. H. Douvillé.

Les modalités de la silice incluse dans les minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey sont très variées. Parmi elles, il s'en trouve de fort curieuses sur lesquelles je crois devoir appeler l'attention de l'Académie. Avant de les caractériser, notons que le quartz clastique, en particulier, très répandu au sommet de la formation ferrugineuse, dans la couche rouge, diminue de

fréquence en descendant et disparaît totalement dans l'étage inférieur, sauf dans la couche brune, où il peut être relativement abondant. Lorsque le quartz détritique manque, les minerais restent néanmoins siliceux, et ils le sont principalement de par la fréquence du quartz secondaire.

En règle générale, l'existence du quartz secondaire est étroitement liée à celle du fer carbonaté clastique, dont j'ai signalé toute l'importance dans une précédente Note (1). On voit apparaître ce minéral au sein des grains de sidérose, sous forme de petits granules irréguliers, situés n'importe où, et toujours orientés optiquement de la même manière dans un individu donné. Ces granules se développent de plus en plus, se rejoignent, se soudent quand ils sont associés dans le même grain, et, finalement, constituent des éléments simples, où la sidérose figure en inclusions dans le quartz. Poussé à l'extrême, et il l'est souvent, le processus aboutit à la genèse de grains d'aspect clastique, qu'il est nécessaire d'examiner avec attention pour relever quelque indice trahissant leur origine secondaire. Loin d'être exceptionnel, le phénomène en question s'observe dans tous les horizons qui renferment de la sidérose clastique, et plus spécialement dans les couches grise, noire et verte, où il n'est rien moins que banal.

L'intérêt qui s'attache à ce type de quartz s'accroît encore du fait qu'en de nombreux cas, les grains de sidérose quartzifiés étaient déjà silicifiés au moment de leur mise en place dans le dépôt. On se trouve donc en présence d'une grande masse de quartz secondaire, engendré après la genèse des grains de sidérose, d'une part, et avant la sédimentation, d'autre part. Or, l'élaboration des grains de sidérose, comme nous le verrons plus tard, est, à peu de chose près, contemporaine de la sédimentation. Bref, ledit quartz secondaire a pris naissance indubitablement dans la mer, presque au moment de la chute des éléments sur le fond. Après avoir réuni un très grand nombre d'observations sur ce sujet, je ne crois pas devoir laisser planer le moindre doute sur les déductions que j'en ai tirées. C'est la première fois, croyons-nous, que la genèse du quartz secondaire est signalée dans les mers anciennes.

Une autre manière d'être du quartz secondaire, celle-ci très rare, en moyenne, a pour unique représentant du quartz rhomboédrique. Plusieurs minerais montrent dans la gangue de petits éléments de quartz en forme de rhomboèdres parfaits ou inachevés. Lors de leur maximum de fréquence, chaque préparation en contient plusieurs. Je ne saurais trop insister sur le

(1) L. Cayeux, *La sidérose des minerais de fer du Bassin de Longwy-Briey* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1456-1458).

fait que ces rhomboèdres ne sont certainement pas des rhomboèdres de sidérose quartzifiés. Les deux types de cristaux peuvent d'ailleurs se rencontrer dans la même coupe, auquel cas il est aisé de s'assurer que les uns et les autres sont profondément dissemblables, au point de vue morphologique. Il suffit de rappeler l'extrême rareté des rhomboèdres de quartz dans la nature pour souligner l'intérêt de cette observation.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de l'étage Aalenien dans le massif du Zerhoun et au Djebel Tselfat (Maroc occidental).* Note de M. **René Abrard**, présentée par M. Émile Haug.

A 6^{km} environ à vol d'oiseau à l'est de Mouley-Idriss, au nord de la partie orientale du Djebel Zerhoun proprement dit, s'étend le Dahar en Nsour, orienté à peu près NNW-SSE et culminant à 910^m. Sur le flanc nord-est de ce massif, à l'extrémité méridionale du ravin de Skirat, à 600^m environ au sud de Krendeg, entre des lambeaux de Burdigalien affaissé, afffeurent des couches jurassiques. M. Louis Gentil a bien voulu me confier l'étude des fossiles recueillis sur ses indications par M. Perrier de la Bâthie.

J'ai déterminé les espèces suivantes :

Lytoceras rasile Vacek, *Harpoceras opalinum* Rein., *Harpoceras* (*Ludwigia*) *Murchisonœ* Sow. sp. (la variété *Baylei* Buckm. est la plus fréquente), *Hyperlioceras* sp., *Hammatoceras procerinsigne* Vac., *Erycites fallax* Ben. sp., *Erycites tenax* Vac. sp., *Zurcheria pertinax* Vac. sp., *Tmetoceras scissum* Ben. sp., *Discohelix* sp., *Pecten* aff. *limpyus* De Gregorio.

Au cours d'un récent voyage au Maroc, j'ai rencontré au Djebel Tselfat (à quelques kilomètres au nord du Zerhoun), dans des grès souvent ferrugineux, d'où leur couleur rougeâtre, quelquefois psammitiques, une riche faune comprenant les espèces énumérées ci-après :

Oxyrhina alpina De Greg., *Lytoceras rasile* Vac., *Lytoceras* nov. sp., *Phylloceras tatricum* Pusch, *Phylloceras* sp., *Harpoceras Murchisonœ* Sow., *Harpoceras comptum* Rein., *Hammatoceras* aff. *climacomphalum* Vac. sp., *Hammatoceras* aff. *pugnax* Vac., *Hammatoceras* sp., *Haplopleuroceras subspinatum* Buckman, *Cœloceras longalvum* Vac., *Belemnites* sp., *Lima* sp., *Rhynchonella Vigilii* Lepsius, *Rhynchonella* sp., *Pentacrinus jurensis* Quenst., *Thecocyathus mactra* Goldf.

Toutes les espèces que je viens de citer, aussi bien celles de Krendeg que

celles du Tselfat, à l'exception de *Haplopleuroceras subspinatum*, ont été rencontrées dans le gisement aalenien classique du cap San Vigilio sur le lac de Garde, étudié par Benecke (1), Vacek (2) et De Gregorio (3). Gemmellaro (4) a signalé une faune analogue au Monte San Giuliano, dans la province de Trapani, en Sicile.

Au cap San Vigilio il n'a pu être reconnu d'horizons paléontologiques. Il semble qu'au Maroc il n'en est pas de même : d'après les données exposées plus haut, c'est à la partie moyenne de l'étage Aalenien, comprenant les zones à *Harpoceras opalinum* et à *Harpoceras Murchisonæ* qu'il convient de rapporter le gisement de Krendeg. Les zones inférieure, à *Dumortieria Levesquei*, et supérieure, à *Harpoceras concavum*, paraissent faire défaut; mais je ferai remarquer que n'ayant eu entre les mains, provenant de ce point, que des échantillons relativement peu nombreux, de nouvelles recherches seraient nécessaires pour être définitivement fixé à ce sujet.

Au Tselfat existe aussi la zone à *Harpoceras concavum;* je n'y ai pas, il est vrai, rencontré cette dernière espèce, mais *Haplopleuroceras subspinatum* est essentiellement caractéristique de ce niveau; j'ai en effet recueilli ce Céphalopode au sommet des couches gréseuses qui constituent l'Aalenien en cette localité.

Une faune à Céphalopodes de cet âge n'avait pas encore été signalée au Maroc. Cet étage semble du reste avoir une certaine continuité dans la région : à quelques kilomètres au sud-est du Dahar en Nsour, sur le flanc septentrional de la montagne de Kasbet Nosrani, ont été recueillis un *Harpoceras* voisin de *Harpoceras mundum* Buckm. et quelques tronçons de Bélemnites canaliculées.

Il faut ici rappeler que M. Georges Lecointre (5) a signalé au Djebel Outita et à Bab Tisza des marnes jaunes renfermant *Trigonia* aff. *Moutieriensis* Lycett, *Trigonia* aff. *costata* Sow., espèces aaleniennes.

De même, M. le Dr Poirée (6) a rencontré à Sidi Kassem des marnes

(1) Benecke, *Ueber Trias und Jura in den Südalpen* (*Geogn. paläont. Beitr.*, I, 1, p. 1-204, pl. I-IX, 1866).

(2) Vacek, *Oolithe von Cap San Vigilio* (*Abhandl. der Kais. Kön. Geol. Reichsanst.*, t. 12, 1886, p. 55).

(3) De Gregorio, *Monographie des fossiles de San Vigilio* (*Annales de Géol. et de Paléont.*, Palerme, 5e liv., 1886).

(4) Gemmellaro, *Sul Dogger inferiore di Monte San Giuliano* (*Erice*) (*Bull. d. Soc. Sc. Nat. ed. Econom. di Palermo*, 29 genn. 1886).

(5) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 556.

(6) *Compte rendu sommaire de la Société géologique de France*, 1916, p. 57.

jaunes renfermant des fossiles, parmi lesquels M. A. Lanquine a reconnu notamment *Trigonia bella* Lyc., *Trigonia* cf. *formosa* Lyc. Ces couches sont rapportées à l'Aalenien par cet auteur. On est ici en présence d'un faciès tout différent de celui du Zerhoun et du Tselfat.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les terrasses alluviales de l'Oum er Rbia (Maroc occidental)*. Note[1] de M. **P. Russo**, transmise par M. Ch. Depéret.

L'Oum er Rbia, grand fleuve de plus de 500^{km} de long, qui sort du Djebel Hayane dans le territoire des Beni Mguild, au sud du poste de Timhadit, présente dans son cours trois sections distinctes : 1° une portion *atlasienne* à trajet sinueux à la façon des rivières du Jura; 2° une portion *tadléenne* traversant la plaine du Tadla, où le fleuve présente des caractères de *rivière divagante* ayant à peu près atteint son profil d'équilibre; 3° une portion terminale où le fleuve, recoupant les terrains anciens de la Meseta marocaine, reprend un régime torrentiel (méandres encaissés).

J'ai étudié la portion moyenne ou tadléenne, qui montre une série très complète de terrasses emboîtées, dans le but de rechercher si les niveaux relatifs de ces terrasses au-dessus du thalweg actuel concordent avec les altitudes observées par MM. de Lamothe, Ch. Depéret et Chaput, dans divers fleuves de l'Europe (Rhône, Moselle, Rhin, Somme, Loire) et de l'Afrique du Nord (Isser).

Dans cette partie de son cours, la vallée de l'Oum er Rbia est entaillée dans les calcaires éocènes que surmontent des terrains rouges : marnes, conglomérats, grès et sables, que je considère maintenant comme des couches continentales d'âge oligo-miocène.

Les terrasses alluviales ravinent ces dépôts qui apparaissent parfois dans les intervalles à la base de ces divers gradins.

J'ai pu reconnaître et suivre, tantôt à l'aide de mesures directes, mais le plus souvent par des observations barométriques, quatre terrasses bien distinctes aux altitudes relatives de 5^m-10^m, 15^m-20^m, 28^m-33^m, 52^m-58^m, avec deux niveaux accessoires autour de 40^m et de 70^m. Il existe peut-être en outre au pied des montagnes une série de terrasses de 100^m, mais elles paraissent d'origine torrentielle et leur netteté est masquée par des dépôts travertineux.

(1) Séance du 14 juin 1920.

Voici le relevé précis des niveaux de terrasses que j'ai relevés le long du trajet de l'Oum er Rbia, de l'amont vers l'aval :

Sidi-Belkacem..........		58^{m}		28^{m}	23^{m}	$13\text{-}10^{m}$
Abreuvoir des spahis....		56		30		10
Kasbah Tadla...........	70^{m}	56-57	$42\text{-}49^{m}$	28-32	15-20	4,50-6
Kaikat.................		52	40-42	28-30	20	
Aït Senouzi............		55	42	30	18	
Sidi Abdallah..........		50	40	30	15	
Kasbah Zidania.........		52		30	15	
Sidi bou Djafer........		50		32	18	
Sidi Sliman............			40	33	15	6
Dar Ould Zidouh........			40	30	15	10

L'examen de ce Tableau montre une concordance impressionnante avec l'Isser, le Rhône, la Somme en ce qui concerne les terrasses de 15^{m}-20^{m}, de 28^{m}-32^{m}, de 50^{m}-60^{m} et probablement de 100^{m}. Le niveau de 40^{m}-42^{m} est remarquablement développé dans la vallée de la Loire (M. Chaput), et il existe, mais plus rarement, dans le Rhône. Quant à la terrasse de 70^{m} de Kasbah Tadla, elle ne correspond à aucun niveau constaté ailleurs et elle constitue un fait tout à fait isolé dont l'explication réside dans quelque phénomène local.

BOTANIQUE. — *Réactions antagonistiques et rôle du bourrelet chez les plantes greffées.* Note [1] de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Toute greffe véritable ou olodibiose amène la formation d'un bourrelet au niveau de la soudure entre le sujet ou hypobiote et le greffon ou épibiote. En ce point, et sur une étendue variable, les vaisseaux ligneux d'union sont moins nombreux, contournés et de nature particulière; les parenchymes y prédominent longtemps, surtout chez les plantes herbacées; les cellules du sujet et du greffon s'y trouvent en contact intime. J'ai montré, dès le début de mes recherches, que le rôle du bourrelet n'est pas négligeable comme certains l'ont prétendu [2]. De nouvelles expériences ont confirmé mes déductions anciennes et m'ont révélé des faits nouveaux qui permettent de

(1) Séance du 14 juin 1920.

(2) Voir Lucien Daniel, *La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole*, in-8° jésus, 734 pages, 375 figures, avec planches en noir et en couleurs.

comprendre des phénomènes jusqu'ici inexpliqués ou en apparence contradictoires.

Le bourrelet a des effets multiples. Il modifie la conduction et, par le fait même, la répartition quantitative ou qualitative de l'eau et des produits solubles, *quand il se trouve sur le trajet de ceux-ci*. Il en résulte, et je l'ai maintes fois constaté, que le greffon et le sujet ne sont pas au même état biologique, perdent leur autonomie et n'ont plus le même chimisme; que leurs cellules, n'ayant pas la même turgescence, ne présentent pas les mêmes contenus. L'examen comparé des greffes et des témoins, celui du sujet et du greffon en donnent souvent la preuve tangible. Dans les greffes entre plantes d'espèces différentes, tantôt il y a passage de substances (alcaloïdes des Quinquinas, des Solanées, etc.), tantôt rétention de substances au niveau du bourrelet (inuline, glucoside cyanhydrique, matières colorantes, etc.). Dans d'autres cas, il y a, suivant les cas, passage ou rétention d'un même produit de réserve (sucres chez le navet et le chou, amidon chez la pomme de terre, etc.), ou bien passage d'un produit transformé au niveau du bourrelet (inuline polymérisée en cellulose chez certains *Helianthus*, etc.). Fait plus démonstratif encore, dans la greffe du Lis sur lui-même, le greffon possède en abondance, à un certain moment, de l'amidon dans ses parenchymes quand la partie sujet en est dépourvue. A ces additions, soustractions ou transformations de substances, à ces changements d'état biologique, correspondent les variations que j'ai désignées sous le nom de symbiomorphoses ([1]) et aussi un antagonisme plus ou moins marqué entre les deux associés et qui se manifeste par leur tendance bien connue à l'affranchissement.

J'ai constaté très fréquemment cette tendance chez les greffes de plantes différentes et, ce qui est plus remarquable, chez les greffes d'une plante sur elle-même. Elle se manifeste toujours par les phénomènes de réparations d'organes à la suite du sectionnement des libers (racines adventives chez le greffon) et des bois (bourgeons adventifs chez le sujet). Deux cas peuvent se présenter : les organes réparateurs naissent en deçà du bourrelet, ou bien ils se forment au niveau même du bourrelet. Le premier cas

([1]) Ces variations peuvent être importantes puisque, dans une parabiose de chou et de tomate, j'ai obtenu la formation de cristaux sableux d'oxalate de calcium et d'un liber interne chez le chou. Je tiens les échantillons à la disposition de ceux qui voudraient vérifier le fait exceptionnel, vrai, quelque extraordinaire qu'il puisse paraître.

est le plus fréquent et l'activité réparatrice est d'autant plus accentuée que la discordance de végétation entre les associés est plus élevée. S'il s'agit de racines, elles forment un moignon qui se dessèche quand elles ne peuvent atteindre le sol, sauf chez les *Epiphyllum* qui fournissent de nombreuses racines aériennes ramifiées, vivant dans l'air humide comme celles des Orchidées, productions rares au contraire chez les francs de pied. Racines et rameaux ainsi formés conservent le plus souvent leurs caractères spécifiques, mais ce n'est pas toujours le cas. Quand ils se développent au point même où s'enchevêtrent les tissus du sujet et du greffon, il peut se former très exceptionnellement des hybrides de greffe, à caractères mixtes (*Cratægomespilus, Pirocydonia Danieli*, etc.), ou à caractères juxtaposés (Chimères de Hans Winkler).

Ce qui est remarquable, c'est que tous les organes réparateurs ne sortent pas à l'extérieur comme chez une plante décapitée ou bouturée; ils peuvent rester à l'intérieur des tissus et donner lieu à des phénomènes dont la nature n'a pas encore été bien précisée ou qui n'ont pas été décrits. Quelques-unes de ces productions s'enroulent à la façon des loupes ou broussins naturels et forment des broussins de greffe compliqués et volumineux, constitués par un bois fort dur. D'autres pénètrent dans les tissus morts, par exemple à l'intérieur des sujets devenus creux, comme chez le Pommier; chez d'autres, la pénétration se fait dans les tissus vivants à la façon des parasites comme la Cuscute. En ce qui concerne les racines adventives du greffon, elles s'enfoncent parfois dans l'écorce ou la moelle du sujet où elles déterminent l'apparition d'un liège isolant (greffes de Cactées, de Solanées, de Mercuriale femelle sur Mercuriale mâle et de Haricot vivace sur lui-même). Dans tous les cas de ce genre que j'ai observés, je n'ai pas rencontré de poils absorbants sur ces racines. La pénétration de celles-ci dans la couche cambiale du sujet est particulièrement rare; elle peut se faire indirectement après sortie à l'air libre sur une faible étendue et courbure hydrotropique qui les ramène au contact du bourrelet auquel elles se greffent (*Helianthus annuus* sur *H. tuberosus*); elles peuvent aussi s'enfoncer directement dans les tissus tendres formés par l'assise génératrice cambiale et elles n'y restent visibles que si les bois du sujet et du greffon sont de teintes différentes bien tranchées (*Tecoma* et *Catalpa*). Elles peuvent ne pas sortir au dehors, même à la longue, ou bien sortir à une distance plus ou moins grande du bourrelet et accidentellement donner ensuite des drageons hybrides de greffe (*Pirocydonia Winkleri*). De même les bourgeons réparateurs du sujet peuvent pénétrer dans la

couche cambiale du greffon et être entraînés loin de leur point de formation, avant de percer l'écorce ou sans la percer. Quand ils sortent, ils peuvent donner des pousses pures du sujet (*Amygdalopersica Formonti*) ou bien des pousses pures et des pousses hybrides de greffe (*Amygdalopersica Delponi* et hybrides de greffe chez l'Olivier). Je n'ai pas jusqu'ici observé de pénétrations dans la moelle du greffon, ni dans les tissus morts du greffon.

En résumé, il résulte des faits, de plus en plus nombreux et précis, que le bourrelet contribue pour une bonne part à modifier les états biologiques du sujet et du greffon et à déterminer un antagonisme nettement marqué, même dans les greffes de la plante sur elle-même où, sans lui, il ne devrait pas exister. Cet antagonisme détermine la formation d'organes réparateurs, pendant que les échanges de produits provoquent accidentellement des symbiomorphoses variées. Les organes réparateurs, externes ou internes, peuvent être du type pur des associés ou réaliser des hybrides de greffe, se produisant directement au niveau du bourrelet ou à des distances variables de ce point. Ces productions ont un intérêt pratique immédiat. Le Néflier de Bronvaux et le *Pirocydonia Winkleri* sont aujourd'hui employés en horticulture ornementale; le *Pirocydonia Danieli* paraît devoir jouer en arboriculture, pour le Poirier, le rôle que joue le Paradis vis-à-vis du Pommier; les hybrides de greffe, en viticulture, ont déjà rendu des services et n'ont pas dit leur dernier mot. Il y a donc lieu de multiplier les recherches dans cette voie nouvelle.

BOTANIQUE. — *Sur la structure de la cellule végétale.* Note (¹) de M. A. **Guilliermond**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note récente (²), M. Dangeard, à propos de nos dernières recherches, laisse entendre que nous nous rallions à son interprétation après avoir abandonné notre conception du chondriome. L'auteur s'exprime en ces termes : « La théorie du chondriome, en ce qui concerne la cellule végétale, s'effondre. »

Cette Note exige une explication de notre part parce qu'elle donne une idée très inexacte de notre opinion.

(¹) Séance du 14 juin 1920.

(²) *La structure de la cellule végétale* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 612).

L'observation vitale étant le plus souvent impossible en cytologie animale, c'est par des méthodes spéciales, dites *mitochondriales*, qu'on est arrivé à mettre en évidence dans la cellule animale l'existence des mitochondries. Grâce à ces méthodes, on a pu démontrer que le cytoplasme de toute cellule renferme de nombreux petits éléments en formes de grains ou de filaments, capables de passer de l'une à l'autre de ces formes, ne pouvant se former autrement que par division de mitochondries préexistantes et paraissant jouer un rôle élaborateur. L'observation vitale réalisée dans certains cas favorables a pu donner la preuve que ces éléments ne sont pas des artefacts de préparations et se présentent sur le frais avec les mêmes caractères que sur coupes fixées et colorées.

Lorsqu'il y a dix ans, nous avons abordé l'étude des mitochondries des cellules végétales, c'est aux méthodes mitochondriales que nous nous sommes adressé, en comparant les figures obtenues avec des préparations de tissus animaux traités de la même manière. Nous avons ensuite trouvé des cellules qui se prêtaient d'une manière exceptionnelle aux observations vitales et qui nous ont permis de contrôler ce que nous avions vu sur coupes fixées et colorées par les méthodes mitochondriales. Par ces méthodes, nous avons pu démontrer qu'il existe dans toute cellule végétale un chondriome semblable à celui de la cellule animale et que les plastides anciennement connus dans les végétaux chlorophylliens font partie de ce chondriome. C'est là un fait démontré, qu'il est impossible de contester et qui a été vérifié par Meves lui-même.

M. Dangeard a procédé par la méthode inverse : il a cherché d'abord à observer sur le vivant le chondriome dans des cas peu favorables, n'a pas pris soin d'examiner préalablement des tissus animaux et ne semble avoir eu que très rarement recours aux méthodes mitochondriales. Par cette méthode, M. Dangeard n'est pas arrivé à observer le chondriome ; par contre, son attention a été attirée sur le système vacuolaire qui, au début de sa formation, présente parfois des formes filamenteuses semblables à des chondriocontes, qui fixent rapidement et intensivement les colorants vitaux. Il a mis en évidence, en outre, la présence de nombreux petits grains très réfringents, brunissables par l'acide osmique et qu'il a désigné sous le nom de *microsomes*. M. Dangeard a conclu de ces faits que ce que l'on a décrit dans la cellule animale sous le nom de chondriome correspond à ces deux formations distinctes. Quant aux plastides, ils représenteraient, selon lui, des formations différentes, spéciales aux végétaux chlorophylliens et sans relations avec le chondriome. « Le chondriome, dit-il en 1918, qui a été

l'objet de tant de travaux, doit être, à mon avis, envisagé autrement qu'on ne l'a fait jusqu'ici ; on peut le définir : l'ensemble du système vacuolaire sous ses aspects désignés sous les noms de mitochondries, chondriomites et chondriocontes qui ont fait croire à des relations avec les plastides. »

Nous nous sommes élevé contre cette interprétation inexacte et nous avons montré que ce que nous avons décrit dans la cellule végétale comme chondriome est absolument identique à ce que l'on entend par ce nom dans la cellule animale, tandis que les éléments étudiés par M. Dangeard ne correspondent pas au chondriome. Les microsomes de M. Dangeard sont, en effet, des gouttelettes graisseuses qui n'ont jamais été décrites comme mitochondries et ne se colorent pas par les méthodes mitochondriales. Quant au système vacuolaire, il présente à son origine dans les Phanérogames des formes mitochondriales que nous avions considérées dans certains cas comme des dérivés du chondriome. Ces formes, que M. Dangeard a eu le mérite de très bien observer, ressemblent tellement à des mitochondries qu'on peut encore se demander si elles ne tirent pas leur origine du chondriome. Toutefois, elles en diffèrent notablement par leur pouvoir de fixer les colorants vitaux et la difficulté de leur mise en évidence par les méthodes mitochondriales qui les conservent très mal. Aussi doit-on les séparer du chondriome.

On voit donc qu'aucun fait n'est de nature à provoquer l'effondrement de la théorie du chondriome et que nos recherches ne confirment nullement l'interprétation de M. Dangeard.

Nous tenons à faire remarquer qu'au contraire, M. Dangeard, tout en prétendant que la théorie du chondriome s'effondre, tend à modifier complètement son interprétation et à se rallier à la nôtre, quand il dit : « Afin d'éviter de créer un nom nouveau, je proposais de limiter le nom de chondriome à l'ensemble du système vacuolaire en séparant nettement celui-ci de l'ensemble des plastes. Cette solution semblait d'autant plus naturelle que la plupart des réactions attribuées au chondriome de la cellule animale : pouvoir électif des colorants vitaux et en particulier du vert Janus, noircissement par l'acide osmique ([1]), et fixation, insolubilisation par les sels de chrome, etc. ; d'autre part, l'existence de véritables plastes dans la cellule animale restait entière. »

([1]) Ce pouvoir électif des colorants vitaux n'a jamais été attribué au chondriome, qui, au contraire, ne se colore vitalement qu'avec la plus grande difficulté. D'autre part, il n'a jamais été constaté que les mitochondries noircissent par l'acide osmique.

M. **Dangeard**, à la suite de cette Communication, fait observer que la meilleure réponse immédiate à faire est d'inviter le lecteur à se reporter au travail qu'il a publié dans les *Comptes rendus* du 22 mars 1920; chacun pourra ainsi se faire une opinion exacte sur les différences qui existent entre les conceptions successives de M. Guilliermond sur le métabolisme cellulaire et les siennes : cette comparaison ne peut manquer d'être instructive.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'emploi, comme fixateur, des mélanges de formol et de composés chromiques.* Note de M. E. **Licent**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'usage de ces mélanges, formol avec acide chromique ou chromates, s'est trouvé jusque ces dernières années, toujours assez restreint : par la théorie, du reste, ils étaient d'avance condamnés comme *irrationnels*, c'est-à-dire comme composés de substances mutuellement réductrices, bien qu'en fait et étant donné l'état actuel de la Chimie biologique, il soit difficile, pour ne pas dire plus, de démontrer d'une part qu'un fixateur *rationnel*, comme le Flemming, par exemple, se maintient tel dès le premier temps de son action sur les éléments cellulaires à fixer et que, d'autre part, une réduction quelconque d'une solution irrationnelle de divers éléments ne puisse au moins quelquefois fournir des résultats aussi bons sinon même meilleurs que leur mélange initial.

Depuis quelque temps néanmoins leur emploi devient plus courant, et diverses méthodes de fixation pour mitochondries, par exemple (Regaud, Bensley, etc.), comportent de semblables mélanges.

Depuis 1903 j'emploie moi-même, comme fixateurs ordinaires et comme fixateurs mitochondriaux, des solutions chromo-formolées qui ne sont autre chose que des liquides de Flemming, ou mieux de Bouin transformés, où l'acide osmique des premiers, l'acide picrique des seconds ont été proportionnellement remplacés par le formol pur du commerce (formaldéhyde à 40 pour 100 dans H^2O) dans le Flemming, et par l'acide chromique à 1 ou 2 pour 100 dans le Bouin.

M'occupant à cette époque de cytologie et d'histologie animale, je m'étais vu forcé, par le manque d'acide osmique employé dans le Flemming et les méthodes d'imprégnation des tissus nerveux d'après Cajal, à reprendre

ce que des histologistes étrangers comme Kopsch et Flatau avaient déjà employé auparavant pour ce genre de recherches : des mélanges de formol et de bichromates ou d'acide chromique. Il convient de noter aussitôt en passant que ces Allemands, ici comme en bien d'autres cas, s'appropriaient sans le dire autrement, ce qui n'était point d'eux, mais bien des histologistes français et en particulier de Prenant.

J'avais donc été amené ainsi à composer les liquides dont je fais aujourd'hui continuellement usage parallèlement avec d'autres fixateurs, et qui ne sont, en somme, comme je viens de le dire, que des liquides de Bouin où l'acide picrique est remplacé « irrationnellement » par l'acide chromique. J'en donne ici trois formules différentes, de proportions et de force différentes :

1°	Acide chromique à 1 pour 100	80 $^{cm^3}$
	Formol pur du commerce	15
	Acide acétique glacial	5
		100
2°	Mêmes proportions que 1°, mais avec acide chromique à 2 pour 100.	
3°	Acide chromique à 2 pour 100	65 $^{cm^3}$
	Formol pur	30
	Acide acétique cristallisable	5
		100

D'une manière générale, le premier et le second fixateur s'emploient pour les tissus ordinaires adultes et les tissus jeunes, méristèmes, etc.; ce sont les deux fixateurs courants, tandis que le troisième est pour les tissus résistants et difficiles à pénétrer.

On peut préparer à l'avance le mélange de l'acide chromique et de l'acide acétique (on a alors un chromo-acétique ordinaire), pour n'ajouter le formol qu'au moment de l'emploi. Mais le liquide peut aussi bien être tout préparé d'avance; il ne précipite jamais, et les combinaisons nouvelles qui en résultent, en solutions noires dichroïques, de couleur vert et rouge violacé par transparence ou par réflexion, donnent aussi de très bonnes fixations.

On laisse agir de 24 à 48 heures, et même plusieurs jours sans inconvénient lorsqu'on ne peut, en voyage par exemple, s'occuper à temps de son matériel.

On lave ensuite pendant 24 heures au moins, dans l'eau distillée fréquem-

ment renouvelée, pour passer ensuite aux autres manipulations ordinaires, déshydratation, inclusion, etc. Mais on peut aussi, dans le cas où l'on ne disposerait pas d'alcool, conserver simplement les pièces fixées dans l'eau additionnée de 5^{cm^3} pour 100 du même fixateur. J'ai ainsi travaillé, parfaitement conservés, des objets qui avaient été de la sorte abandonnés pendant plus de 5 ans : fleurs de *Pinguicula*, ovales et sac embryonnaire de Parisette, etc.

Bien entendu, comme tous les fixateurs, ceux-ci : 1° ne peuvent être également et indistinctement employés pour toutes les fixations, et seul, un essai comparatif préalable fait voir, pour un matériel donné, laquelle de ces formules est alors la meilleure; et 2° selon les divers matériels, ils peuvent comporter des modifications diverses de concentration, de durée d'action, etc. C'est ainsi que pour bien fixer les algues, ils doivent être étendus de 4 et 5 fois leur volume d'eau, sous peine de voir, autrement, les contenus cellulaires se contracter fortement.

S'agit-il, d'autre part, des détails des structures protoplasmiques, des mitochondries et de leur mode d'évolution, les mêmes formules reviennent encore, mais additionnées cette fois de bichromate de potassium et d'un acétate d'un métal lourd. Des nombreuses formules essayées, qui toutes donnent de bons résultats, il n'y a pour l'instant qu'à retenir les deux suivantes :

1°	Acide chromique à 2 pour 100	50^{cm^3}
	Formol pur	30
	(Acide acétique cristallisable : quelques gouttes pour 100)	
	Bichromate de potassium à 10 pour 100	10
	Acétate de nickel à 10 pour 100	10

2° La même formule, avec addition à ces 100^{cm^3} de 10^{cm^3} de bichlorure de mercure à saturation dans l'eau.

Ici il se produit un précipité blanc dont on débarrasse les pièces fixées, d'abord grossièrement par le rinçage, puis complètement et à fond par le lavage dans l'eau additionnée de 25 pour 100 de solution iodo-iodurée de Gram à renouveler tant que la coloration jaune disparaît et jusqu'à ce qu'elle se maintienne définitivement.

On peut remplacer l'acétate de nickel par l'acétate de cuivre qui est moins coûteux et produit exactement les mêmes effets.

On laisse agir deux jours au moins, et mieux huit jours en moyenne, ou même plus longtemps, on lave (ou on conserve) comme il a été dit plus haut, puis on procède, pour le reste, comme d'ordinaire. Seuls les fixateurs

pour mitochondries peuvent quelquefois gêner les colorations, mais cela n'arrive pas toujours.

Toutes ces formules ont été mises à l'épreuve, depuis plus de 15 ans, sur un matériel extrêmement varié, tant animal que végétal, et elles ont constamment fourni d'excellents résultats.

Des essais poussés en ce moment fourniront sans doute encore l'occasion d'y revenir par la suite.

ENTOMOLOGIE PRATIQUE. — *Emploi du trioxyméthylène en poudre pour la destruction des larves d'Anophèles.* Note de M. E. **Roubaud**, présentée par M. A. Laveran.

Le pétrole et les mélanges larvicides habituellement utilisés en prophylaxie antipaludique présentent l'inconvénient grave de nuire à la vie des poissons et de rendre impropres à l'usage du bétail ou aux besoins domestiques les collections d'eau ainsi traitées. J'ai cherché si l'on ne pourrait pas substituer à ces produits, tout au moins pour le traitement des mares, des abreuvoirs, des bassins d'arrosage, etc., d'usage courant, des substances peu onéreuses et d'emploi commode, non toxiques, et ne souillant pas les eaux. La poudre commerciale de trioxyméthylène (formaline) m'a paru répondre d'une façon complète à ces desiderata divers.

L'emploi de cette poudre est basé sur les conditions d'alimentation normales de la larve d'Anophèle. Habituellement cette larve vit en surface, attirant à sa bouche par le battement rapide de ses palettes buccales toutes les particules flottantes. J'ai pu nourrir complètement, depuis l'œuf, des larves d'*A. maculipennis*, en projetant de temps à autre sur l'eau des récipients des traces d'une poudre légère d'algues microscopiques (*Protococcus viridis*). Toutes les poudres ou les poussières formées de particules suffisamment fines et flottant superficiellement sont également ingérées mécaniquement par les larves.

La poudre de trioxyméthylène, répandue en traces, d'une manière uniforme, à la surface de l'eau, assure la destruction des larves d'Anophèles qui l'ingèrent. Au bout d'un temps variant de 5 à 20 minutes, on voit les larves perdre progressivement leur mobilité, nager par petites secousses convulsives et bientôt devenir inertes. L'intensité de l'effet dépend de la quantité de poudre ingérée; mais les larves faiblement atteintes, et qui conservent encore des allures sensiblement normales, n'en montrent pas moins ultérieurement une évolution précaire.

L'action produite est spécifique. La poudre n'agit que sur les larves d'Anophèles. Elle laisse indemnes, non seulement celles des Culex qui ne prennent pas leur nourriture en surface, mais aussi tous les autres organismes des mares, tant vertébrés qu'invertébrés. Cette spécificité d'action, dans les conditions d'emploi énoncées, appelle d'une façon frappante la comparaison avec celle de la quinine sur les hématozoaires du paludisme. L'analogie devra se poursuivre dans le domaine pratique : on pourra traiter les collections d'eau à intervalles réguliers, par la poudre de trioxyméthylène, de manière à prévenir le développement des Anophèles adultes, comme on traite un paludéen par des doses régulières de quinine, pour prévenir le développement des accès.

La poudre de trioxyméthylène agit efficacement à des doses minimes. $0^g,25$ suffisent pour couvrir utilement un mètre carré [1]. L'innocuité est absolue. L'épandage ne nuit aucunement à l'utilisation des eaux. Il peut se faire de deux manières :

1° En l'absence du vent, on insufflera la poudre en nuages légers, seule, ou mieux mélangée à un tiers de son volume d'une poudre inerte : *farine* ou *craie* en poudre.

(L'usage d'une poudre onctueuse comme le talc est à rejeter.)

2° Si le vent contrarie l'épandage, on *sémera* très facilement la poudre à la main en l'incorporant intimement, et pure, à 9 parties de sable de mer ou de grès grossier. Chaque grain de sable en tombant n'abandonnant à la surface qu'une partie de la poudre qui l'entoure, il faudra semer assez dru : la dose utile ici sera double de la précédente.

La poudre n'agissant qu'en surface et pendant quelques instants, il faut éviter toute cause d'agitation qui hâterait sa chute en profondeur. L'épandage se fera autant que possible aux heures chaudes de la journée, et au soleil, parce que l'activité alimentaire des larves se trouvant alors à son maximum, les effets obtenus seront aussi plus remarquablement intenses.

Enfin la poudre utilisée doit être fine et homogène pour que les particules flottantes puissent être facilement ingérées par les larves de toutes tailles. Le traitement n'empêchant point de nouvelles pontes, il conviendra de le renouveler périodiquement.

---

(1) Avant la guerre, le prix de la poudre commerciale était d'environ 6^{fr} le kilogramme. Les prix actuels sont quintuplés.

HISTOLOGIE. — *Toxicité de certains greffons morts hétérogènes.* Note de M. J. NAGEOTTE, présentée par M. Yves Delage.

La substance conjonctive, fixée par l'alcool, l'éther, le formol, ou soumise à la dessiccation, ne perd pas les propriétés qui lui permettent de jouer son rôle dans la vie des tissus. Greffée après avoir subi ces traitements et débarrassée de ses cellules mortes, par les phagocytes et les lysines de son hôte, elle reste capable de se rattacher aux tissus vivants, d'attirer à elle des fibroblastes empruntés à ces tissus et de reprendre le cours de son évolution en s'adaptant aux conditions nouvelles (¹).

Or, tandis que les protoplasmas contenus dans les greffons vivants supportent souvent mal l'homotransplantation et meurent fatalement au contact d'humeurs hétérogènes, les substances conjonctives des greffons morts ou vivants ne sont pas soumises à la même règle et peuvent être transplantées avec succès sur un animal d'espèce différente.

Mais il ne s'ensuit pas que l'hétérogénéité ne puisse en aucun cas exercer une influence fâcheuse sur le sort d'un greffon mort. L'expérience montre, au contraire, que, soit par la constitution propre de leur substance conjonctive, soit par la toxicité des cadavres cellulaires qui y sont inclus, soit pour toute autre cause, certains greffons morts hétérogènes provoquent l'apparition de phénomènes inflammatoires qui viennent se surajouter au processus de la reviviscence et qui amènent la destruction du tissu étranger.

Les greffons, vivants ou morts, peuvent disparaître par des mécanismes divers.

Les uns fondent progressivement lorsqu'ils sont placés dans des régions où l'ambiance leur est défavorable. Le tissu des greffons morts, après avoir été réhabité, décroît progressivement dans ces conditions, sans qu'il se produise aucun phénomène inflammatoire (²).

Dans d'autres cas, le greffon, vivant ou mort, homogène ou hétérogène, devient le siège d'une inflammation chronique qui provoque sa destruction

---

(¹) Cf. J. NAGEOTTE, *Sur la greffe des tissus morts* (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, t. 80, 1917, p. 453); *Reviviscence des greffes conjonctives mortes* (*Ibid.*, p. 889).

(²) J. NAGEOTTE et L. GUYON, *Sur la décroissance et la disparition de la substance conjonctive dans l'organisme* (*Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, t. 82, 1919, p. 763).

lente sans suppuration. Il s'agit évidemment d'infections atténuées qui rentrent dans la catégorie du « microbisme latent ».

Les accidents sur lesquels je désire attirer l'attention sont d'un autre ordre. Ils résultent non pas de fautes opératoires, mais de propriétés nocives que manifestent les tissus morts de certaines espèces animales, transplantés sur des hôtes hétérogènes.

Si, après les avoir fixés au formol ou à l'alcool, on emploie les tendons de la queue du rat blanc ou du rat d'égout comme fils de suture pour la réparation de plaies nerveuses chez le chien, ou bien si l'on greffe ces mêmes tendons dans l'oreille du lapin, on constate au bout de plusieurs semaines un phénomène singulier.

Au centre des fascicules tendineux des territoires entiers se sont comportés comme dans une greffe morte homogène parfaitement reprise. Les faisceaux conjonctifs ont gardé leur disposition normale, et des fibroblastes allongés, à noyaux en bâtonnets, sont venus s'installer dans le tissu, en quantité sensiblement égale à celle des hôtes cellulaires primitifs du tendon. Mais, à la périphérie des fascicules, il existe une zone inflammatoire qui contient des cellules géantes très développées, munies de nombreux noyaux, au contact desquelles les faisceaux conjonctifs sont digérés. Tout autour de ces cellules, le tissu est infiltré sur une certaine étendue par des mononucléaires et des cellules plasmatiques qui se mêlent aux fibroblastes en proportions décroissantes jusqu'au point où l'influence inflammatoire cesse. Dans son ensemble, le processus a une allure envahissante; il finit par détruire complètement le greffon.

Je me suis assuré par la répétition des expériences (environ 30 greffons) qu'il ne s'agissait pas là d'une infection accidentelle, et j'ai vainement tenté de modifier la toxicité par un traitement chimique préalable du greffon. Ni la teinture d'iode, ni le permanganate de potasse suivis de l'action de l'acide oxalique et du sulfite de potasse, après fixation au formol, n'ont donné de résultats.

Ces observations montrent que les phénomènes qui accompagnent la reprise des greffes mortes sont complexes. La substance conjonctive attire électivement les fibroblastes (qu'ils soient homogènes ou hétérogènes) sans exciter primitivement l'activité des phagocytes. Mais, malgré sa réhabitation par les fibroblastes, elle peut être détruite secondairement au cours de la greffe hétéroplastique par suite de phénomènes de phagocytose déclanchés, dans certains cas, sous l'influence de facteurs spécifiques de nature encore indéterminée.

Quand je me suis occupé des plaies nerveuses, je me suis demandé si la résorption des substances grasses provenant des fibres nerveuses hétérogènes ne pourrait pas provoquer des accidents, et je ne me suis décidé à conseiller l'usage des greffons nerveux chez l'homme qu'après avoir constaté l'innocuité des nerfs du lapin et du veau chez le chien (¹). En fait, aucun accident de l'ordre de ceux que je viens de décrire n'a été signalé, que je sache, par les chirurgiens nombreux qui ont pratiqué ces greffes, en se servant de pièces empruntées au veau et quelquefois au lapin. De même, les greffes de tendons de veau ne paraissent avoir donné lieu à aucun phénomène inflammatoire. Tout récemment, j'ai eu l'occasion de revoir le blessé auquel M. Sencert a pratiqué, le 1er août 1918, des greffes de tendons morts de chiens pour réparer des pertes de substance de 3^{cm} environ, portant sur six tendons fléchisseurs des doigts; la guérison est restée parfaite et tous les mouvements individuels des doigts sont libres.

On peut donc supposer que les tissus morts du veau et du chien ne sont pas toxiques pour l'homme. Néanmoins, il sera bon d'étudier spécialement chaque catégorie de greffons à ce point de vue et de publier en détail les insuccès qui pourraient se produire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition chimique du bacille tuberculeux.* Note (²) de M. A. **Goris**, présentée par M. Roux.

Au cours de recherches sur la composition chimique du bacille tuberculeux, nous avons été amené à isoler un certain nombre de composés. La présence de quelques-uns a été déjà signalée; d'autres sont nouveaux.

Parmi ceux que nous avons pu étudier nous citerons un composé présentant des propriétés tout à fait curieuses.

Pour le préparer on a pris des bacilles tuberculeux utilisés pour l'obtention de la tuberculine à l'Institut Pasteur. On les lave à l'eau froide pour enlever toute trace de bouillon, on les sèche dans un courant d'air chaud à 37° et on les épuise alors par du chloroforme bouillant qui enlève toutes les matières grasses et lipoïdes. Il faut employer 6 à 7 fois leur poids de chloroforme pour obtenir la totalité de ces substances. La solution chloroformique est alors séchée sur du sulfate de soude anhydre, filtrée, puis

(¹) J. Nageotte, *Sur la possibilité d'utiliser, dans la pratique chirurgicale, les greffons de nerfs fixés par l'alcool* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 80, 1917, p. 925).

(²) Séance du 14 juin 1920.

distillée. Lorsque la majeure partie du chloroforme est distillée, on verse le liquide dans une capsule et l'on continue l'évaporation au bain-marie. Vers la fin de l'opération, alors que la partie superficielle est encore bien liquide, on constate au fond de la capsule la présence d'une couche plus dense d'aspect gélatineux, mais homogène, qui tend au fur et à mesure de l'évaporation à se séparer au sein même de la solution. De fait, lorsque le chloroforme est évaporé, on trouve au fond de la capsule, une masse dure, résistante de couleur chamois.

Si avant la fin de l'opération cette matière a été divisée par agitation, elle se présente en fragments plus ou moins volumineux de même aspect et de même consistance que précédemment. On sépare ces morceaux directement à la main ou après fusion du corps gras; on les lave à l'éther pour enlever la substance grasse adhérente, puis on les redissout dans le chloroforme qui par évaporation abandonne une masse de couleur blanc rosé, de consistance élastique, rappelant celle du caoutchouc ou mieux de la gutta-percha. Cette substance renferme encore de la matière grasse interposée. Pour la purifier, on la dissout dans le chloroforme et l'on précipite par l'éther. Le produit se précipite alors sous forme d'une masse gélatineuse blanchâtre et la graisse reste en solution dans l'éther. Ce traitement est répété deux fois, et finalement la substance est redissoute dans le chloroforme qui abandonne par évaporation un produit complètement blanc, d'aspect corné, et moins élastique qu'avant la purification.

1500^{g} de bacilles secs soumis au traitement ont fourni environ 7^{g} de produit.

Ce corps est insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, l'éther de pétrole, les huiles. A l'état pur il se dissout à la longue dans le chloroforme à froid. Il n'est pas soluble dans la benzine ou le xylol froids, ces solvants doivent être maintenus à l'ébullition très longtemps pour en amener la dissolution.

Il est surtout très soluble dans le chloroforme à chaud en donnant une solution visqueuse. Si l'on abandonne à l'air une solution chloroformique diluée dans un petit cristallisoir, on obtient par évaporation spontanée une mince pellicule translucide d'aspect vitreux analogue à une pellicule de collodion ou d'acétate de cellulose. Pour rappeler cette propriété physique, nous avons donné à ce corps le nom de *hyalinol*, de ὑάλινος « qui a la transparence du verre ».

Il se ramollit, plutôt qu'il ne fond, à 175°.

La composition centésimale de ce corps est donnée par la combustion qui nous a fourni les chiffres suivants :

C...........................	55,50	pour 100
H...........................	7,15	»
O...........................	37,35	»

Traité à l'ébullition par une solution aqueuse de soude au quart, il dégage

une odeur agréable de jasmin. La saponification est d'ailleurs lente à se faire avec une masse aussi compacte. La solution sodique épuisée à l'éther abandonne au solvant une petite quantité de corps à odeur de jasmin et de mimosa. La solution sodique décomposée par l'acide chlorhydrique est reprise par l'éther; l'éther est séché sur du sulfate de soude anhydre, après évaporation spontanée il reste un acide cristallisé en tables transparentes à odeur butyrique désagréable, fondant à 71°, après purification.

Cet acide est de l'acide crotonique mêlé à de l'acide isocrotonique qui lui communique l'odeur butyrique intense.

Nous n'avons pas poursuivi plus loin l'étude de ce produit, nous réservant de la compléter lorsque nous serons en possession d'une plus grande quantité de matière.

BIOLOGIE. — *Sur la formation de races asporogènes du* Bacillus anthracis. *Atténuation de sa virulence.* Note [1] de M. E. **Ducloux**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On connaît l'influence considérable qu'exercent les milieux de culture sur le développement, la structure et les propriétés biologiques de la bactéridie charbonneuse. Depuis 1916, nous avons étudié l'action de milieux d'origine végétale sur cette bactéridie. Comme milieux de culture, nous avons choisi les tissus végétaux qui contiennent en abondance des hydrates de carbone et plus particulièrement des mucilages. A la suite de différents essais, nous avons retenu, en dernière analyse, les tissus de l'*Opuntia vulgaris*. On extrait une partie des sucs cellulaires des tissus collenchymateux dépourvus de chlorophylle par macération, décantation et filtration. Ces produits renferment, selon les périodes de végétation et en proportions variables, des mucilages, de l'amidon, des sucres, des sels de chaux, de potasse, etc. Après une série d'essais préliminaires, nous avons préféré les solutions diluées.

Après stérilisation, ce milieu a été ensemencé avec des races recueillies sur différents points de la Tunisie et mis à l'étuve à 37°; 24 heures après, nous avons constaté qu'il est facile, par des passages successifs, d'obtenir de nouvelles cultures dans ce même milieu. A l'examen, le mycélium est plus mince, peu ondulé, relativement court et se fragmente facilement. Il prend le Gram. A partir du 38ᵉ passage, la faculté

---

(1) Séance du 14 juin 1920.

de sporuler se perd complètement. Les cultures de passage successifs ne sont plus vivantes au 30e jour. Ensemencée en bouillon de bœuf peptoné, la sporulation ne se révélait pas au 40e passage. Quatre séries successives de cobayes n'ont pas fait reparaître non plus la sporulation. Devons-nous conclure que ces formes asporogènes sont définitivement acquises ? Nous estimons que les résultats obtenus ne sont pas suffisants pour permettre de le déclarer. Seule, l'expérience montrera si cette modification est définitive.

En ce qui concerne la virulence de ces races asporogènes, nous avons reconnu qu'à partir du 40e passage, elle était diminuée, comme l'indiquent, parmi plusieurs autres, les expériences suivantes :

23 cobayes sont inoculés avec $\frac{1}{8}$ de centimètre cube d'une culture de 48 heures. Résultats : 2 meurent de charbon du 3e au 5e jour.

Au 70e passage, l'atténuation est plus accentuée :

1° 30 cobayes reçoivent sous la peau $\frac{1}{4}$ de centimètre cube. Résultats : 1 meurt le 4e jour.

2° 30 moutons de races françaises sont inoculés dans les mêmes conditions. Résultats : ces animaux n'ont présenté aucun signe morbide.

Au 130e passage :

1° 36 cobayes reçoivent 3^{cm^3} d'une culture de 2 à 3 jours. Résultats : 1 meurt charbonneux le 7e jour.

2° 60 moutons reçoivent 1^{cm^3} et 17 bouvillons $0^{cm^3},5$ d'une culture de 3 jours. Résultats : aucune ne présente de symptômes morbides.

Dans une autre série d'expériences, 24 moutons ayant reçu 1^{cm^3} sont éprouvés 15 jours après l'inoculation, avec une culture virulente. Ils résistent, tandis que 4 cobayes et 2 moutons témoins succombent le 3e jour.

Ces résultats nous ont incité à étudier l'action des produits retirés des parties externes de la graine du *Linum usitatissimum*. Cette graine renferme des mucilages, des matières grasses, de l'aleurone, de la résine, du tanin, des glycérophosphates, etc.

Ensemencé dans ce milieu après stérilisation, le *Bacillus anthracis* s'est développé après 24 heures. Mis à l'étuve à 37°, sa multiplication ne le cède en rien, quant à l'abondance, au milieu précédent. Des passages nombreux ont pu être faits. L'examen des cultures de ces différents passages révèle l'existence de bacilles sporulant très rapidement et montre que la sporulation est complète vers le 15e jour. Ces spores présentent l'aspect de celles qu'on obtient sur gélose ordinaire. Elles résistent au chauffage au bain-marie à 70° pendant 20 minutes. Dans les derniers passages, nous remarquons la présence de mycéliums (en plus ou moins grande quantité) qui ne sporulent pas. D'après ces constatations, il est vraisemblable qu'en augmentant le nombre des passages, on obtienne des variétés de bactéridies qui auront perdu la propriété de sporuler. Jusqu'au 75e passage, ces cultures sont aussi virulentes que

celles obtenues en bouillon de viande. A partir du 114e passage, elles subissent une atténuation marquée.

Nous ne relaterons ici, parmi les nombreuses recherches que nous avons faites, que deux expériences types.

1° Le 6 janvier 1919, 11 cobayes reçoivent sous la peau 3$^{cm^3}$ d'une culture du 118e passage. Vingt-quatre heures après l'inoculation, il se produit au point injecté un œdème qui durcit après la 48e heure pour régresser et disparaître ensuite. Résultats : 2 meurent charbonneux le 4e jour, un autre le 8e jour.

2° Le 6 mai suivant, 20 cobayes reçoivent 3$^{cm^3}$ d'une culture du 125e passage. Il est constaté la même réaction locale que sur le lot précédent. Résultats : 1 cobaye meurt charbonneux le 4e jour et 2 autres le 7e jour.

De l'ensemble de ces faits, il se dégage que des modifications profondes existent dans la structure et la constitution du cytoplasme du *Bacillus anthracis*. Ce bacille, ainsi modifié dans sa composition chimique et biologique, ne possède plus la capacité de sécréter en quantité suffisante des produits spéciaux empêchant la phagocytose de réaliser tous ses actes. En effet, quand on inocule des cultures qui ne tuent plus le cobaye avec 3$^{cm^3}$, l'examen des tissus atteints par l'injection montre que les leucocytes ont englobé rapidement et presque en totalité ces bactéridies.

A notre avis, les expériences effectuées sur les cobayes, les moutons et les bouvillons ne sont pas encore assez nombreuses pour permettre de tirer des conclusions définitives. Toutefois, elles fournissent des indications suffisantes pour rechercher le degré d'immunité que les cultures peuvent conférer à l'organisme animal.

HYGIÈNE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences de transmission d'une épidémie chez les animaux par l'intermédiaire de l'air. Influence de la température.* Note de MM. **A. Trillat** et **Mallein**, présentée par M. Roux.

L'étude expérimentale des propriétés des gouttelettes microbiennes en suspension dans l'atmosphère a montré qu'elles pouvaient être localisées en un point donné sous diverses influences, notamment par un abaissement rapide de température. Les mêmes expériences ont montré, en outre, que le transport des gouttelettes microbiennes pouvait s'effectuer à distance lorsque, par exemple, le terrain de culture était placé dans un récipient refroidi et situé à plusieurs mètres du nuage microbien avec lequel il était en communication.

Jusqu'ici, la démonstration de l'influence du refroidissement sur les gouttelettes microbiennes n'avait été réalisée que par des expériences *in vitro*. Il était intéressant de se rendre compte si, en remplaçant les terrains classiques de culture microbienne par des organismes vivants, on pouvait traduire par une augmentation de mortalité ou une épidémie ce qui correspondait dans nos expériences de laboratoire à une augmentation de colonies microbiennes.

Le problème consistait donc, en s'inspirant des résultats acquis, à plonger des animaux, préalablement refroidis ou chauffés, dans des atmosphères microbiennes, où à les placer dans des régions refroidies en communication avec elles, de façon à chercher à leur communiquer à volonté une épidémie bien caractérisée. Remarquons que ces essais diffèrent essentiellement de ceux des auteurs qui ont étudié sur des animaux inoculés, l'influence du froid sur l'évolution d'une maladie (cas du choléra des poules).

Nous avons étudié les conditions permettant de réaliser cette expérience. Après plusieurs tâtonnements concernant le choix d'un microbe et d'un animal appropriés à la nature et à la commodité des essais, nous nous sommes adressés au bacille paratyphique découvert et étudié par Danysz, qui communique à la souris une maladie bien caractérisée et dont l'évolution est facile à suivre. Deux séries d'essais A et B ont été instituées. Dans l'une, on a cherché à contagionner les souris en les plongeant directement dans une atmosphère microbienne de paratyphique; dans l'autre, les souris expérimentées étaient placées à une certaine distance de l'atmosphère microbienne. Ces deux cas que l'on se proposait d'examiner *in vivo* correspondent bien à ceux des anciennes expériences *in vitro* (1).

A. *Contagion directe*. — L'atmosphère microbienne a été préparée en humidifiant d'abord l'air de trois récipients et en y pulvérisant $0^{cm^3},5$ d'une émulsion aqueuse de paratyphique provenant du raclage superficiel de 2^{cg} d'une culture de microbe sur gélose diluée dans 100^{cm^3} d'eau. La température étant de 18°, on plongeait 2 minutes après la pulvérisation, les grosses gouttelettes étant tombées, les souris immobilisées par des ligatures dans chaque récipient de façon à ce qu'elles fussent éloignées de tout contact avec les parois des récipients. La durée de la suspension des souris dans l'atmosphère microbienne variait de 1 à 3 minutes.

(1) Trillat et Fouassier, *Action du refroidissement sur les gouttelettes microbiennes* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1441).

Un lot de souris était préalablement porté dans une étuve à une température de 40° tandis qu'un autre lot était placé dans une glacière; un troisième lot restait à la température du laboratoire. Après chaque expérience, les souris étaient isolées et observées pendant l'espace d'un mois. Des essais préalables nous avaient en effet montré que la mort des souris provoquée par l'inhalation de gouttelettes microbiennes survenait à plus longue échéance que dans le cas de l'ingestion. Après chaque décès, les souris étaient autopsiées et leur sang examiné. Voici à titre d'exemple les résultats, exprimés pour plus de clarté en pourcentage, fournis par quelques expériences.

Mortalité des souris préalablement exposées à des températures différentes dans des atmosphères contaminées par le B. paratyphique.

Numéros des essais.	Durée d'exposition. (en minutes).	Chauffage préalable de la souris (pour 100).	Sans chauffage (pour 100).	Souris refroidies (pour 100).
I	1	0	40	100
II	3	25	20	80
III	2	10	20	90

L'influence de la température sur la mortalité des souris exposées dans les mêmes atmosphères microbiennes est manifeste : on voit que pour des différences de températures notables il peut même arriver que la mortalité soit nulle ou totale.

B. *Contagion à distance.* — Un récipient A de 50^l de capacité est relié par un tube horizontal de 10^m de longueur sur 2^{cm} de diamètre avec un récipient B de 20^l renfermant douze souris.

Les deux récipients étant à la même température de 16°, on provoque la formation d'un nuage microbien de paratyphique dans le récipient A. Quand les grosses gouttelettes sont tombées et que l'air du récipient est devenu transparent on met en communication les deux récipients. On retire les souris du récipient B après 20 minutes d'exposition et on les met séparément en observation pendant 4 semaines. *Résultats :* Toutes les souris sont restées vivantes. Il n'y a pas eu contagion.

On recommence l'expérience avec un deuxième lot de souris, mais en ayant soin de refroidir le récipient B à une température de — 2° ou 3°. *Résultats :* 5 souris sur 12 ont été contagionnées et moururent entre le quinzième et le vingt et unième jours après l'expérience.

L'influence du refroidissement des souris placées dans l'atmosphère microbienne, ou hors cette atmosphère, a donc eu pour effet de déclancher

en quelque sorte sur elles l'épidémie qui ne s'est pas manifestée chez les animaux quand les conditions de température étaient différentes.

Il n'est pas sans intérêt de faire observer que dans le premier cas les animaux ont été contagionnés au sein même du milieu contaminé, tandis que dans le deuxième cas, la contagion s'est produite à une distance notable du foyer microbien. Dans ces derniers essais, la transmission de l'épidémie est due au transport des germes à travers les couches d'air séparant les souris du foyer microbien.

Il semble au premier abord que l'on peut expliquer ces résultats par un simple phénomène de condensation dû au refroidissement. En réalité ce phénomène est plus compliqué car, dans nos essais il y a en plus de la condensation de la vapeur d'eau contre une surface ou une région refroidie, un véritable transport de particules solides constituées en l'espèce par les microbes renfermés dans des gouttelettes d'eau dont ils formaient vraisemblablement le noyau.

Si l'on admet maintenant l'existence forfuite des gouttelettes microbiennes dans le voisinage des malades, surtout dans les locaux fermés, on est en droit de supposer, à la suite de nos résultats, que l'abaissement de température peut être, dans certaines circonstances, un facteur favorable à la contagion. Par contre, les mêmes résultats font penser que l'on pourrait tirer parti dans la pratique de l'utilisation rationnelle du froid et de la chaleur pour en diminuer les chances. L'air n'a été dans nos essais qu'un intermédiaire ayant servi de support aux gouttelettes microbiennes, véhicules de la contagion. Il n'y a donc pas eu d'ensemencement de l'air dans le véritable sens du mot : quand on parle de transmission des épidémies par l'intermédiaire de l'air on doit donc faire intervenir dans la majeure partie des cas la notion d'humidité (1) et celle de la présence des gouttelettes microbiennes.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Lésions pulmonaires déterminées par les corps vésicants.* Note de MM. **A. Mayer**, **Guieysse**, **Plantefol** et **Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons étudié expérimentalement chez le Chien, le Lapin, et le Cobaye, les lésions pulmonaires déterminées par l'inhalation de certains corps vésicants vaporisés ou pulvérisés ; nous avons pu comparer les résultats

(1) Trillat et Mallein, *Sur le sort des projections microbiennes dans l'air* (*Influence de l'humidité*, t. 170, 1920, p. 1291).

de ces recherches à ceux qu'a donné l'étude histologique des lésions déterminées chez l'Homme par ceux de ces corps utilisés par l'ennemi. Nous décrirons successivement les lésions de l'arbre bronchiques, puis les lésions du parenchyme pulmonaire en prenant comme type de corps vésicant, le sulfure d'éthyle dichloré.

Dans une Note précédente (1) nous avons étudié au point de vue anatomo-pathologique les effets de l'inhalation des gaz suffocants. Dans le cas des corps vésicants, les lésions immédiates sont plus profondes car elles entraînent une véritable destruction des tissus atteints ; elles sont plus complexes, car on observe presque toujours l'association de congestion, d'œdème et de nécrose ; elles ont une répartition topographique particulière enfin, car les corps vésicants agissant sous la forme de gouttelettes ou de particules, celles-ci peuvent déterminer, au point quelconque où elles atteignent les tissus pulmonaires, un délabrement sérieux, alors qu'une région voisine de ce point demeurera presque normale ; ainsi peut-on voir de très petites bronchioles dont une moitié seulement est désorganisée, l'autre moitié demeurant saine.

Trachée et bronches. — Après l'inhalation de sulfure d'éthyle dichloré l'épithélium de la muqueuse trachéale ou bronchique est toujours fortement atteint ; il peut être disloqué ou même abrasé ; le chorion est intensément congestionné ; et ses faisceaux conjonctifs sont dissociés par un œdème plus ou moins considérable, rapidement enfin toute l'épaisseur des tissus lésés s'infiltre de leucocytes et bientôt après la surface de la muqueuse se trouve recouverte par un transsudat fibrineux purulent qui se concrète en larges couennes diphtéroïdes. Ces fausses membranes épaisses et volutées peuvent dans les cas graves obstruer totalement les voies trachéo-bronchiques ; elles se détachent facilement par places en entraînant les débris de l'épithélium tandis qu'ailleurs elles restent adhérentes au chorion et font corps avec sa région superficielle nécrosée. Ces lésions peuvent s'étendre au larynx et à l'épiglotte, le caractère dominant étant alors l'œdème de la sous-muqueuse.

Les bronches moyennes et les bronchioles montrent des altérations identiques ; cependant les fausses membranes y sont moins développées, tandis que la lumière du conduit aérien peut être entièrement remplie par une masse purulente issue des alvéoles pulmonaires nécrosées.

Parenchyme pulmonaire. — Comme pour la muqueuse trachéo-bron-

(1) Mayer, Guieysse et Fauré-Fremiet, *Lésions pulmonaires déterminées par les gaz suffocants* (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1476).

chique, la première lésion du tissu alvéolaire déterminée par le sulfure d'éthyle dichloré est une destruction, accompagnée d'une congestion intense.

Rarement on observe le début d'une réaction épithéliale comparable à celle qui peut suivre l'atteinte légère par un gaz suffocant. Les cellules se desquament, se vacuolisent et dégénèrent, tandis que les leucocytes pénètrent en masse les lames conjonctivo-épithéliales, et, à travers leurs parois désorganisées, envahissent l'alvéole. Il se forme ainsi des points purulents, souvent localisés.

A ces lésions directes, et au grand envahissement leucocytaire qu'elles déterminent, se superposent presque toujours l'œdème et l'hémorragie. On observe alors des territoires pulmonaires d'aspect massif, totalement envahis soit par des masses purulentes, soit par du sang, soit par un transsudat fibrineux et hémorragique enrobant des cellules épithéliales desquamées, turgescentes et vacuolisées, de nombreux leucocytes en cytolyse et renfermant toujours du pigment ocre. Cet aspect histo-pathologique, dominé par les lésions de la pneumonie, est bien différent de celui que nous avons précédemment décrit à propos de l'action des gaz suffocants et qui est avant tout caractérisé par l'œdème clair massif.

A côté de ces régions profondément nécrosées, on peut observer des territoires où le parenchyme, moins profondément atteint, est en collapsus; les parois alvéolaires sont épaissies tant par le gonflement de leurs éléments cellulaires que par la turgescence de leurs capillaires ectasiés. Les cavités alvéolaires peuvent être réduites à une simple fente virtuelle que la confluence des éléments épithéliaux peut rendre indéchiffrable.

L'évolution des lésions que nous venons de décrire conduit fréquemment à la gangrène; les leucocytes, les cellules épithéliales desquamées et les éléments des parois alvéolaires se nécrosent et constituent bientôt un magna qui nourrit de nombreuses colonies microbiennes et dans lequel le seul indice d'une organisation antérieure est donné par les fibres élastiques qui demeurent colorables.

Phénomènes de cicatrisation. — Lorsque les lésions déterminées par l'inhalation de sulfure d'éthyle dichloré sont réparables, la cicatrisation s'effectue dans le parenchyme par un processus analogue à celui que Letulle a pu observer après la pneumonie franche. Les bouquets fibrineux qui occupent les cavités alvéolaires sont le siège d'une pénétration conjonctive qui les organise peu à peu en forme de bourgeons vascularisés,

tandis que la surface se recouvre d'un épithélium cuboïde. D'autres régions du parenchyme pulmonaire, dont les bronchioles sont obstruées par des restes de fausses membranes ou par des végétations conjonctives cicatricielles, sont atélectasiées et les parois alvéolaires se recouvrent également d'un épithélium cubique. Dans l'un ou l'autre cas les zones où se manifestent ces phénomènes de réparation semblent avoir perdu toute capacité fonctionnelle.

Conclusions. — L'inhalation d'un corps vésicant, tel que le sulfure d'éthyle dichloré détermine un ensemble de lésions pulmonaires, bien distinct au point de vue anatomo-pathologique de celui qu'on observe après l'action des gaz suffocants. L'aspect macroscopique de l'appareil respiratoire tout entier témoigne d'ailleurs de cette différence : soit qu'on observe la muqueuse trachéale œdématiée, piquetée de taches hémorragiques et de points de sphacèle, ou recouverte de larges fausses membranes fibrineuses ou d'enduits purulents, soit qu'on regarde l'aspect des lobes pulmonaires, tachetés et marbrés de rouge avec des zones plus sombres d'infarctus, ou qu'on en palpe les régions indurées.

Le mécanisme même de la mort est absolument distinct dans ce cas de celui que nous avons signalé relativement aux gaz suffocants; on peut en effet considérer des causes immédiates telles que l'obstruction des voies aériennes, par les fausses membranes ou les moules purulents, apportant un obstacle mécanique aux échanges respiratoires et déterminant l'asphyxie par défaut d'oxygène et accumulation dans le sang d'acide carbonique; et des causes secondaires qui entraînent la mort par un mécanisme analogue à celui de la broncho-pneumonie. Mais le plus souvent, chez l'Homme en particulier, ce sont les lésions de bronchite capillaire qui entraînent à brève échéance une issue fatale.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures trois quarts.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 mai 1920.)

Note de M. *J. Nageotte*, Croissance, modelage et métamorphisme de la trame fibrineuse dans les caillots cruoriques :

Page 1076, ligne 1, *au lieu de* conditions physiologiques, *lire* conditions pathologiques.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUIN 1920.

PRÉSIDENCE DE M. HENRI DESLANDRES.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. *Kamerlingh Onnes*, Correspondant de l'Académie pour la Section de Physique générale, qui assiste à la séance.

GÉOLOGIE. — *L'allure du terrain houiller dans le Massif Central et à ses abords*. Note de M. **L. De Launay**.

Il existe en France, dans le Massif Central, dans le Nord, dans la région vosgienne et en Bretagne, un certain nombre de bassins houillers visibles sur toutes les cartes géologiques, reconnus et exploités, dont l'extension réelle est parfois supérieure à la largeur apparente, mais sans offrir pourtant une marge considérable aux découvertes. Les chances que peut avoir notre pays de rencontrer quelques bassins houillers nouveaux d'une certaine importance se rapportent toutes aux régions où le primaire, y compris le houiller productif, est caché sous un manteau de terrains secondaires, soit dans le Bassin de Paris, soit dans le Bassin du Rhône. Pour que de telles recherches, nécessairement effectuées par sondages coûteux, ne soient pas tentées à peu près au hasard, il importe de se faire une idée préliminaire sur la répartition de ce terrain houiller au milieu du socle primaire invisible. Tel est le but de l'étude que j'ai entreprise et dans laquelle je me suis proposé de définir les conditions qui ont présidé au dépôt du houiller productif, comme celles qui ont pu déterminer sa localisation actuelle [1].

---

[1] Le développement de ces idées et leur application pratique font l'objet d'un Mémoire inséré dans le *Bulletin du Service de la Carte géologique*, n° 138.

A cet égard, je voudrais d'abord combattre une idée erronée, qui se résume dans l'expression de synclinal, communément appliquée aux sillons ou chenaux houillers. Par cette expression, on paraît assimiler ces sillons houillers à des tronçons subsistant d'une ancienne formation très étendue ayant subi, d'abord un plissement, puis une érosion destructrice des voûtes anticlinales. On les traite, en résumé, comme on peut le faire pour les synclinaux de notre formation ferrifère silurienne dans le Massif Armoricain. Cette idée est fondée sur une assimilation trop rapide avec d'autres bassins houillers du Nord de la France ou de l'étranger, pour lesquels elle serait applicable. Mais il est, à mon avis, tout à fait inexact de l'admettre pour le houiller du Massif Central, des Vosges, ou, par extension, des régions intermédiaires. La localisation synclinale résulte normalement d'un plissement *postérieur* aux dépôts. Ici, la localisation de nos bassins stéphaniens paraît provenir d'un plissement, en partie *antérieur*, en partie contemporain, ayant pu avoir tout au plus un léger contre-coup dans la suite.

Une autre erreur solidaire de la première consiste à supposer que, sur toute l'étendue des bassins houillers, les couches utilisables sont continues et qu'il suffit, par conséquent, d'aller les chercher en un point quelconque, de préférence au point le plus bas, sur le thalweg, qui sera le plus favorable à l'exploitation. Dans ce cas aussi, on suppose implicitement que l'on a affaire à des strates marines minces et régulières, alors que tout le problème du houiller dans la France centrale est dominé par son caractère lacustre. Chercher la répartition du houiller, c'est à peu près comme si l'on recherchait la disposition des lacs qui pouvaient exister au moment où la houille s'est déposée à l'époque stéphanienne. Nous pouvons essayer de reconstituer cette disposition pour les parties actuellement invisibles à la surface, en nous fondant sur les observations faites dans les régions où ce houiller est resté visible. Il faut, pour cela, reprendre l'histoire orogénique de la période carbonifère.

Chacun sait, en gros, que cette période a été marquée par un grand mouvement de plissement, dit *hercynien;* mais on est généralement porté à exagérer l'unité de la chaîne qui fut alors produite. Celle-ci dut, selon moi, être édifiée par des vagues successives et, jusqu'à un certain point, indépendantes entre elles, dans la mesure où l'ont été plus tard les uns des autres les flots pyrénéens, alpins et dinariques. Le mouvement s'est espacé sur une longue période qui, en France, commence faiblement dès le Dinantien pour atteindre son paroxysme au Westphalien et se prolonger en s'atténuant peu à peu jusque dans le Permien.

Si nous distinguons, par conséquent, les unes des autres, les diverses

étapes de ce mouvement et si nous commençons par le Dinantien, nous constatons qu'en France, le Dinantien se rattache beaucoup plus à la période dévonienne pour la terminer qu'à la période stéphanienne, dont le sépare une forte discordance. Cependant, dès cette époque, l'allure topographique du sol devait commencer à prendre une allure que nous qualifierons d'hercynienne, avec larges ondulations d'allongement Est-Ouest s'incurvant à l'Est et à l'Ouest vers le Nord dans le sens de l'Ardenne et de la Bretagne. La mer y était localisée et une première ride continentale, représentée par un chapelet d'îles, s'y était déjà esquissée sur l'emplacement du Massif Central, accompagnée, dans le sens du Nord, par d'autres rides plus étroites et moins accentuées. Des phénomènes volcaniques très intenses se sont alors manifestés dans le Massif Central et le Morvan.

Pendant le Westphalien, on voit encore de telles zones déprimées partir de la Bretagne pour passer sous le Bassin de Paris au Nord du Massif Central sans toucher à ce massif et pour aller s'infléchir au Nord vers la Lorraine, en particulier vers Sarrebruck. Mais, plus au Sud, la ride du Massif Central, déjà esquissée précédemment, prend sans doute l'allure d'une haute chaîne, avec quelques petits lacs de montagne sans importance. L'émersion qui, dès le Dinantien, avait commencé dans le Massif Central, progresse alors dans la direction du Nord, vers Sarrebruck. Les saillies de la chaîne sont au Sud et, dans le Nord, au contraire, sur l'emplacement du Bassin franco-belge, il subsiste des lagunes tranquilles, en communication momentanée avec la mer. Aussitôt construites, elles commencent, suivant la règle générale, à se détruire et le relief devait déjà commencer à s'adoucir vers la fin du Westphalien.

La période consécutive au Westphalien, qui commence le Stéphanien, voit alors s'établir, dans le Massif Central et ses abords, un régime favorable aux formations charbonneuses sur lequel nous allons insister, tandis que des plissements, poussés jusqu'au renversement et au charriage, s'étendent encore, dans le sens du Nord, sur le Bassin franco-belge. Chercher, comme nous le faisons ici, l'allure du terrain houiller aux abords du Massif Central, revient à examiner la formation des dépressions lacustres qui ont pu se produire alors dans la chaîne hercynienne et à analyser les viscissitudes que ces bassins ont pu subir ultérieurement.

Quand nous examinons, à ce propos, l'allure des affleurements houillers mis à découvert dans le Massif Central, les Vosges ou la Bretagne, nous pouvons faire quelques observations utiles :

1° En premier lieu, ces dépôts correspondent, non à des débris d'une formation unique, mais à des remplissages de lacs localisés, par des maté-

riaux dont on peut souvent retrouver la provenance dans un voisinage presque immédiat. Néanmoins, la largeur actuelle des sillons houillers n'est pas leur largeur primitive. Ils ont été plissés par une compression transversale qui est surtout venue s'intercaler entre le Stéphanien et le Permien, mais qui a eu encore de derniers échos pendant le Permien même, et une partie de leur expansion latérale a été détruite par l'érosion.

2° Ces sillons houillers diffèrent, en outre, totalement de synclinaux normaux par l'absence de terrains immédiatement antérieurs, tels que le Dinantien ou le Dévonien, dans leur fond. Ce fond est ordinairement formé par du gneiss, du micaschiste ou du granite, identiques aux galets des mêmes roches que l'on trouve dans les conglomérats de la formation houillère. On peut en conclure sans hésitation qu'avant le remplissage de ces lacs stéphaniens, une période d'érosion avait déjà constitué, non une pénéplaine, mais un continent accidenté à ondulations souvent escarpées, avec des gradins successifs, favorables au développement de la végétation. Le métamorphisme producteur des gneiss avait déjà entièrement terminé son action, telle que nous la constatons aujourd'hui ; mais ce n'est pas à lui qu'il faut attribuer l'absence apparente de Dinantien au fond des bassins, puisque ce Dinantien subsiste parfois intact, mais à l'état sporadique, au voisinage. En outre, le fond des bassins avait eu le temps de subir une silicification continentale, qui lui prête un aspect très caractéristique.

3° La grande épaisseur atteinte par les dépôts houillers prouve que leur fond devait s'approfondir rapidement pendant la durée de la sédimentation, sous l'influence d'un plissement continué. L'abondance des poudingues à énormes éléments parfois à peine roulés conduit à imaginer des côtes abruptes parcourues par des eaux rapides et violentes.

4° Les bassins houillers sont placés dans les conditions les plus diverses par rapport aux terrains antérieurs. Quelquefois ils ont un fond de terrains cristallophylliens, mais dont les directions peuvent être transversales à leur propre allongement. D'autres sont encaissés totalement ou en partie dans le granite, qui était, par conséquent, dès le début du Stéphanien, débarrassé de son manteau sédimentaire. Certains, sur lesquels l'attention a été particulièrement attirée, ont un allongement marqué de direction hercynienne, dans l'Est du Massif. D'autres sont nettement encastrées par des failles, qui avaient déjà dû jouer antérieurement pour provoquer une fosse, dans laquelle un effondrement postérieur a encore localisé le houiller.

5° Quand on examine l'âge respectif des divers bassins dans le Massif Central, on constate, avec le temps, un déplacement général du Sud-Est vers le Nord-Ouest, dont l'explication est peut-être la suivante : Il est pos-

sible que le Nord-Ouest du Massif, d'abord trop saillant et trop accidenté pour comporter de grands lacs, se soit affaissé peu à peu en tournant autour d'une charnière située au Sud-Est, de manière à déplacer peu à peu la zone limitrophe entre la haute chaîne et la plaine, qui est favorable à la formation de bassins lacustres. Ce mouvement hypothétique s'est, on le remarquera, continué d'une manière réelle, du Permien au Lias, comme le montrent alors, sur le bord Nord du Massif Central, les transgressions marines, dont les dépôts s'avancent l'un après l'autre en biseaux dans le sens de l'Ouest.

6° Le Permien, tout en étant nettement transgressif sur le Stéphanien, occupe généralement les mêmes zones de dépression. La présence du Permien, quand il affleure au jour, indique donc la possibilité que le houiller existe au-dessous, mais seulement dans une zone de largeur restreinte, qui n'est pas toujours une zone axiale.

A ces observations sur la distribution du houiller, il faut ajouter que, dans l'étendue de ce houiller, les couches de houille ont elles-mêmes une allure localisée et lenticulaire. Parfois, la couche importante est uniquement sur un des bords; ailleurs, elle n'apparaît que dans la partie centrale. A Commentry comme à Montvicq, la couche principale forme une sorte de conque dont l'affleurement dessine un U plus ou moins largement ouvert et se ramifie en s'approfondissant. En d'autres points, elle a été plissée en W.

Enfin, surtout lorsqu'on se rapproche de la zone influencée par les mouvements alpins en quittant le Massif Central vers l'Est, on est exposé à rencontrer des champs de fractures tertiaires, dont l'étude des terrains secondaires ou tertiaires superposés fait généralement connaître tout au moins l'allure.

En résumé, on peut et l'on doit, comme on l'a toujours fait, se fonder, pour chercher le passage des sillons houillers souterrains, sur des raisons de continuité combinées avec l'étude des réapparitions primaires à la superficie et sur l'examen des plis posthumes dans les terrains superposés. J'ai cherché, dans le Mémoire auquel j'ai renvoyé plus haut, à déterminer de la sorte quelques emplacements rationnels de sondages dans la cuvette du Bassin Parisien. Mais il faut s'attendre à une très grande irrégularité, tenant à la fois aux conditions de dépôt et aux accidents postérieurs et, par conséquent, ne pas se décourager devant les insuccès. Seules, des recherches prolongées feront un jour connaître avec quelque précision l'allure du soubassement primaire à houiller intercalé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Un cas d'action favorable du cuivre sur la végétation.* Note de MM. **L. Maquenne** et **E. Demoussy.**

Dans deux précédentes Communications, nous avons insisté sur ce fait que le cuivre est universellement répandu dans la terre, ainsi que dans tous les tissus végétaux, et de ce que chez ceux-ci son mode de distribution est le même que celui des éléments nutritifs les plus indispensables, nous avons cru pouvoir dire, que peut-être il est également utile à la végétation (¹). Aucune expérience précise ne permet encore de confirmer ou d'infirmer l'exactitude de cette manière de voir ; on sait seulement que le sulfate de cuivre exerce une action favorable sur certaines cultures, celle de la pomme de terre, par exemple, et l'on admet que cette action est due à une stérilisation partielle du sol (²). Cette explication de l'effet observé paraît être exacte au fond, puisque la plupart des antiseptiques autres que le cuivre agissent de la même manière, mais elle n'exclut pas la possibilité d'une influence parallèle, qui s'exercerait d'une façon spécifique, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des tissus vivants, en sorte que la question qui nous occupe n'est, par ce seul fait, aucunement éclaircie.

Nous avons été assez heureux pour découvrir une autre circonstance dans laquelle le cuivre se montre nettement avantageux ; on la réalise en cultivant de très jeunes plantules en milieu liquide, par conséquent en l'absence de microorganismes, sur des solutions convenablement minéralisées.

Nos expériences ont porté sur trois espèces différentes : la laitue, les pois et le froment. La laitue a été cultivée en serre, au commencement de l'automne dernier, dans des flacons de 500^{cm^3} ; dans chacun de ces flacons, au nombre de 4 par série, se trouvaient deux graines, préalablement germées sur sable imprégné d'eau pure ; elles y étaient soutenues par de petits entonnoirs en verre soufflé, dans la douille desquels on avait disposé un très petit tampon de coton hydrophile. L'expérience a duré en tout 33 jours. La température s'étant maintenue assez basse et le soleil faisant souvent défaut, la végétation est restée assez languissante, cependant il y a eu assi-

---

(¹) Maquenne et Demoussy, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 937, et t. 170, 1920, p. 87.

(²) Miège, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 362.

milation notable, le poids de la récolte sèche s'étant trouvé égal, en moyenne, à 15 fois celui de la semence.

Notre serre n'ayant pu être chauffée cet hiver, faute de combustible, les cultures de pois et de blé, qui ont suivi celle de la laitue, ont été faites à l'étuve (19°-20°) dans des tubes de quartz de 50^{cm^3} de capacité, portant chacun une seule graine [1]. Dans ces conditions, les plantules s'étiolent naturellement très vite, c'est pourquoi les expériences ont été arrêtées au bout de 9 jours seulement, non compris 24 heures de trempage préalable et 2 jours de germination sur sable et eau pure. Les racines avaient, au moment de la mise en tubes des graines, de 15^{mm} à 20^{mm} de longueur.

Comme liquide nutritif, on a employé une solution renfermant du nitrate de chaux, du phosphate monopotassique et du sulfate de fer (ou du sel de Mohr qui, à dose égale de fer, donne exactement les mêmes résultats) plus, dans le cas de la laitue, du sulfate de chaux, du sulfate de magnésie et du sel marin. A la moitié des tubes ou des flacons, on ajoutait, en outre, une petite quantité de sulfate de cuivre, les autres étant réservés comme témoins. Les proportions de ces différents corps, pour un litre de liquide, sont indiquées en tête de chacun des tableaux qui résument nos observations; il importe de ne pas trop s'en écarter, car, pour des concentrations différentes en l'un ou l'autre de ces éléments, il peut arriver que le cuivre n'exerce aucune influence, ou que même il devienne nuisible; ses effets sont également beaucoup amoindris si les cultures sont faites sur sable ou encore si les graines sont immergées dans la solution : dans le cas des pois, on voit alors les téguments noircir par suite de la formation de tannate de fer.

Avec les rapports et les dispositifs que nous avons employés, la différence entre les témoins et les cultures cuivrées apparaît dès les premiers jours et se maintient constante pendant toute la durée de l'expérience. Dans le cas de la laitue, maintenue, comme il vient d'être dit, en pleine lumière, l'accroissement s'est poursuivi d'une façon régulière jusqu'à la fin de la culture, c'est-à-dire pendant un mois, les racines restant toujours plus longues dans les liqueurs cuivrées que dans la solution normale.

Les nombres inscrits dans les Tableaux suivants représentent la moyenne de 10 mesures individuelles pour les pois, de 5 pour le blé et de 8 pour la laitue; les poids de sulfate de cuivre sont exprimés en sel anhydre, à 40 pour 100 environ de cuivre métallique.

---

(1) A cause de la haute minéralisation des liqueurs employées, les expériences peuvent être conduites aussi bien dans des tubes de verre.

Composition de la liqueur nutritive commune aux pois et au blé par litre.

	g
Nitrate de chaux cristallisé	1,687
Phosphate monopotassique	0,200
Sulfate ferreux cristallisé (ou poids équivalent de sel de Mohr)	0,040

	Pois gris (9 jours).		Blé (9 jours).	
	Sans Cu.	$0^{mg},2$ $CuSO^4$.	Sans Cu.	$0^{mg},2$ $CuSO^4$.
Racines	55 mm	105 mm	34 mm	51 mm
Allongements	35	86	17	37
Tiges	67	78	211	215

LAITUE (33 jours).

Composition de la liqueur nutritive par litre.

	g		g
Nitrate de chaux	1,216	Chlorure de sodium	0,044
Sulfate de chaux	0,200	Sulfate de magnésie	0,090
Phosphate monopotassique	0,200	Sulfate ferreux	0,020

	Sans Cu.	$0^{mg},02$ $CuSO^4$.	$0^{mg},04$ $CuSO^4$.	$0^{mg},1$ $CuSO^4$.
Racines	14mm,5	41mm	42mm	32mm
Feuilles	67mm	86mm	78mm	72mm
Pois secs (8 plants) (1)	121mg	133mg	120mg	105mg

A l'examen de ces chiffres on constate d'abord que, en l'absence de cuivre, le développement des jeunes plantules et surtout de leurs racines est assez médiocre; dans le cas de la laitue, les racines ont même cessé de s'allonger aussitôt qu'on les a mises au contact de la solution normale. Celle-ci est donc toxique par elle-même, et il semble que ce soit là une condition nécessaire à la réussite de l'expérience. Mais l'addition de cuivre, dès la dilution de 8 milliardièmes (métal) pour la laitue, à une concentration 10 fois plus forte pour les pois et le blé, modifie complètement l'aspect des plantules, surtout en ce qui concerne les racines, qui s'allongent deux à trois fois plus vite que dans les solutions non cuivrées. Il ne faut pas, d'ailleurs, en abuser, car, ainsi que le montre le Tableau précédent, le cuivre à 4 cent-millionièmes agit déjà moins bien qu'à dose cinq fois moindre sur les cultures de laitue. Le développement des tiges est moins affecté que celui des racines, peut-être parce que le cuivre n'y arrive pas en aussi grande abondance; cependant on constate encore en leur faveur

(1) Une graine de laitue pèse, à très peu près, 1mg.

un léger avantage attribuable à ce métal. Quant au poids des récoltes que l'on pourrait ainsi finalement obtenir, nous n'en pouvons rien dire, les cultures n'ayant pas été assez longtemps prolongées ni placées dans des conditions assez favorables pour atteindre à leur plein développement.

Il est néanmoins certain que, à dose suffisamment réduite et dans les circonstances que nous venons de préciser, circonstances il est vrai assez particulières, mais qui ne s'écartent pas énormément de celles que présente la nature, le cuivre peut agir favorablement sur la végétation : contraste frappant avec les propriétés vénéneuses qu'on s'accorde à prêter à ce métal. C'est, croyons-nous, la première fois qu'on reconnaît cette influence d'une façon aussi nette dans des expériences de laboratoire et c'est pourquoi nous avons cru intéressant de la signaler. Comme il est impossible d'admettre que, dans cette phase de la végétation, le cuivre joue le rôle d'une substance alimentaire, il nous faut conclure de là que, dans certains milieux, il fonctionne comme antitoxique, à la façon du calcium vis-à-vis des autres métaux.

Il y a pourtant entre ces deux corps une différence essentielle ; c'est que le calcium exerce ses effets en toutes circonstances et toujours de la même manière, à moins que sa dose devienne excessive, tandis que le cuivre se montre constamment indifférent ou toxique lorsqu'il est seul ou seulement associé au calcium. Son influence favorable, dans les expériences que nous venons de rapporter, ne serait donc qu'indirecte; de nouvelles recherches en cours nous permettent d'espérer que bientôt nous en pourrons fournir l'explication rationnelle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence dans le Mélilot et l'Aspérule odorante, de glucosides fournissant de la coumarine sous l'action hydrolysante de l'émulsine.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey**.

La présence de coumarine a été signalée chez un certain nombre de végétaux; on a observé que ce principe apparaissait plus spécialement dans la plante soit au cours de la dessiccation, soit à la suite de traitements déterminant la plasmolyse des cellules. Aussi quelques auteurs ont-ils considéré comme probable que cette coumarine résulte du dédoublement d'un glucoside sous l'influence d'un ferment soluble (1).

(1) C'est là, en particulier, l'hypothèse émise par Eug. Charabot et C.-L. Gatin, dans leur Ouvrage, *Le parfum chez la plante*, p. 263 (Paris, 1908), pour le cas des

Cette hypothèse est en harmonie avec ce que nous savons sur la genèse de nombreux autres principes odorants des plantes; cependant des recherches précises pouvaient seules en infirmer ou en démontrer la légitimité. Les résultats des expériences que nous avons instituées dans ce but, expériences dont certaines ont été réalisées avant 1914, conduisent à des conclusions qui ne laissent place à aucun doute sur la validité de l'hypothèse en question, au moins dans tous les cas que nous avons examinés.

Nous avons appliqué à ces recherches les méthodes de traitement et d'étude des plantes fraîches, que nous avons déjà si souvent utilisées, dont le premier stade consiste à arrêter instantanément la vie de la plante par un traitement à l'alcool bouillant ou à l'eau bouillante. On détruit ainsi les ferments susceptibles de provoquer la transformation des principes immédiats coexistants; ceux de ces derniers qui sont solubles passent dans le liquide alcoolique ou aqueux qui a servi au traitement, les autres restent fixés sur le tissu végétal; en tout cas, la composition chimique du produit total représente à peu près exactement celle du végétal frais que la méthode a *fixée* d'une façon rapide et définitive. En particulier, pour le sujet qui nous occupe, cette méthode est absolument indispensable, étant donné que la coumarine semble apparaître dans les tissus végétaux sous les plus minimes influences.

Les expériences rapportées dans cette Note ont trait à deux genres de plantes à coumarine : Mélilots et Aspérule odorante [1].

MÉLILOTS. — I. *Mélilot officinal*, *Melilotus officinalis* Willd. — La plante arrachée et transportée avec précaution au laboratoire est traitée deux à trois heures après sa récolte (28 juin). 300^{g} de parties vertes, feuilles et rameaux, sont projetés dans 2000^{cm^3} d'eau bouillante; on maintient l'ébullition pendant quelques minutes. Après refroidissement et décantation du liquide, la plante est broyée et remise à nouveau en contact avec la même liqueur. Après une nouvelle ébullition de quelques minutes,

---

feuilles d'*Aceras anthropophora* R. Br. C'est aussi celle qu'ont formulée récemment MM. P. Guérin et A. Goris, qui ont signalé une nouvelle plante à coumarine, *Melittis Melissophyllum* L., et qui considèrent que, vraisemblablement, la coumarine se trouve chez cette dernière à l'état de glucoside dédoublable par l'émulsine (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1067).

(1) Nous insisterons à dessein sur ceux de nos essais qui ne nécessitent, pour être répétés et vérifiés, que des moyens très simples d'exécution et qui n'utilisent que de faibles quantités de matières premières faciles à se procurer.

on laisse refroidir, on décante et l'on exprime fortement le résidu. Les liqueurs réunies sont filtrées et réparties, par portions de 500^{cm^3} dans des ballons bouchés par un tampon de coton; on fait bouillir une dernière fois pour stériliser.

A. *Production de coumarine sous l'influence de l'hydrolyse exercée par un acide minéral étendu et bouillant :*

a. 500^{cm^3} de liqueur provenant du traitement qui vient d'être indiqué sont soumis à la distillation, sous pression ordinaire, de façon à obtenir 100^{cm^3} de distillat. Celui-ci est agité dans une ampoule à décantation avec 30^{cm^3} d'éther rectifié; l'éther décanté est séché sur du sulfate de sodium anhydre; on lave celui-ci avec 10^{cm^3} d'éther, on réunit les liqueurs éthérées et on les évapore sur de l'eau tiède, dans un petit cristallisoir. On n'obtient ainsi que des traces infinitésimales, presque imperceptibles, de produit cristallisé (coumarine) (1).

b. On continue la distillation de la liqueur mentionnée en *a* de façon à recueillir de nouveau 100^{cm^3} de distillat qu'on traite, comme précédemment, par l'éther; celui-ci abandonne des traces *douteuses* de coumarine.

c. Le résidu de la distillation est alors ramené au volume de 500^{cm^3} par addition de 10^g d'acide sulfurique et d'eau en quantité convenable. On distille de façon à obtenir 100^{cm^3} de liquide distillé. L'éther, agité avec ce dernier, laisse par évaporation un résidu de coumarine, cristallisé en longues aiguilles.

On peut conclure des essais qui précèdent qu'il n'existait dans les parties de plante traitées que des quantités infimes et à peine décelables de coumarine et que cette dernière n'est apparue à l'état libre qu'au cours du traitement des liqueurs extractives par l'acide sulfurique dilué, évidemment par suite de l'hydrolyse d'un principe immédiat la renfermant dans sa molécule (2).

---

(1) Nous nous sommes assurés, par des essais avec la coumarine elle-même, que ce procédé, basé sur l'entraînement de ce principe par la vapeur d'eau, permet de l'isoler facilement à un grand état de pureté. Il va sans dire que, dans les limites dans lesquelles nous opérons, il ne saurait en aucune façon s'agir de déterminations quantitatives : en vue de ces dernières, la distillation et l'extraction à l'éther devraient être poussées beaucoup plus loin que dans nos essais, qui sont purement comparatifs.

Quoi qu'il en soit, lorsqu'une liqueur aqueuse contenant de la coumarine est soumise à la distillation, une partie notable de ce composé se retrouve toujours dans les premières portions du distillat; son absence dans celui-ci dispense de toute recherche ultérieure.

(2) Dans les cas relatifs soit au Mélilot, soit aux autres plantes à coumarine, où les liqueurs extractives contiendraient primitivement de la coumarine libre en quantité notable, il serait nécessaire, pour conserver aux essais de l'ordre de ceux qui viennent d'être indiqués toute leur valeur démonstrative, de débarrasser préalablement ces liqueurs extractives de la coumarine qu'elles renferment, par épuisement au moyen de l'éther.

B. *Production de coumarine par hydrolyse diastasique.* — On a préparé tout d'abord une *poudre fermentaire* de Mélilot officinal, en traitant 50^g de plante *fraîche* broyée par 250^{cm^3} d'alcool à 95° froid ; on essore à la trompe après 24 heures de contact ; on lave le résidu avec environ 100^{cm^3} d'alcool à 95° et on le fait sécher à 34°-35°.

a. Comme en A, 500^{cm^3} de liqueur extractive sont soumis à la distillation ; on recueille 100^{cm^3} de distillat ne cédant à l'éther que des traces à peine perceptibles de produit cristallisé.

b. Dans le liquide résiduel, encore bouillant, de l'opération précédente, on laisse tomber $1^g,50$ de la poudre fermentaire dont la préparation vient d'être indiquée ; on rajoute 100^{cm^3} d'eau pour compléter 500^{cm^3}, puis on porte à l'ébullition pendant quelques secondes. Cette opération a pour but de rendre inactive la poudre fermentaire, l'essai *b* devant servir de témoin à l'essai *c* qui va suivre. Après 48 heures, on distille ; on recueille 100^{cm^3} de distillat duquel l'éther n'extrait aucune trace de *coumarine*.

c. Après refroidissement, on verse dans le ballon, qui contient encore 400^{cm^3} de liquide, 100^{cm^3} d'eau, puis on ajoute $1^g,30$ de poudre fermentaire. Après 48 heures de macération, à la température du laboratoire, on distille 100^{cm^3} qu'on traite par l'éther. Ce dernier abandonne par évaporation un résidu de coumarine cristallisé en longues aiguilles.

La formation de coumarine est donc attribuable, sans aucune contestation, à l'action hydrolysante d'un enzyme du Mélilot, sur un principe de nature vraisemblablement glucosidique.

L'application intégrale au Mélilot officinal de la méthode biochimique de recherche des glucosides dédoublables par l'émulsine a d'ailleurs été faite suivant le mode habituel et elle a conduit aux résultats suivants :

On a traité par l'alcool bouillant du Mélilot frais, en fleurs, récolté le 21 juillet. Après distillation de l'alcool et reprise du résidu par l'eau en quantité convenable, on a obtenu une liqueur aqueuse dont 100^{cm^3} représentaient 100^g de plante fraîche. Sous l'action de l'émulsine, il s'est fait un changement vers la droite égal à 50',4 ($l = 2$) de la rotation primitive du liquide, en même temps qu'une augmentation du pouvoir réducteur s'élevant à $0^g,1364$ (exprimée en glucose) pour 100^{cm^3}, ce qui conduit à un *indice de réduction enzymolytique* (¹) de 162.

II. Voici, d'autre part, les résultats obtenus dans l'application de la méthode biochimique à deux autres espèces de Mélilots :

(¹) Quantité de glucose, exprimée en milligrammes pour 100^{cm^3}, correspondant à un déplacement de 1° ($l=2$) de la rotation du liquide extractif sous l'influence du ferment utilisé, l'émulsine dans le cas présent.

Espèces.	Organes essayés.	Action de l'émulsine sur une liqueur extractive dont 100$^{cm^3}$ représentent 100^g d'organe végétal essayé. Retour de la déviation polarimétrique vers la droite ($l = 2$).	Sucre réducteur formé (exprimé en glucose), pour 100$^{cm^3}$.	Indice de réduction enzymolytique.
Melilotus arvensis Wallr. (29 juin).	feuille et tige fraîches	14′	0^g,122	521
Melilotus leucantha Koch.	graine sèche	1°17′	0^g,701	546

Aspérule odorante, *Asperula odorata* L. — La méthode biochimique de recherche des glucosides dédoublables par l'émulsine a été appliquée, vingt-quatre heures après la récolte, à un lot de plante fraîche cueillie, dans les Ardennes, le 9 mai, au début de la floraison. Les liqueurs extractives (100$^{cm^3}$ = 100^g de plante fraîche) étaient fortement lévogyres. Sous l'influence de l'émulsine, la rotation a progressé vers la droite; après un contact de 14 jours avec le ferment, à la température de 18° environ, il s'est fait ainsi un changement de 3°54′ ($l = 2$) correspondant à la formation de 0^g,720 de sucre réducteur (exprimé en glucose), pour 100$^{cm^3}$; ces valeurs correspondent à un indice de réduction enzymolytique de 184. On a observé en même temps la production d'un produit brun noirâtre, accentuant la coloration déjà très foncée de la liqueur extractive.

De plus, au cours de l'action de l'émulsine, on a perçu une odeur intense de coumarine, alors qu'aucune odeur ne s'est développée dans la liqueur gardée comme témoin; l'isolement de la coumarine de la liqueur odorante a pu se faire facilement par entraînement à la vapeur d'eau.

On peut d'ailleurs attester avec la plus grande netteté l'apparition de coumarine, sous l'influence de l'émulsine, en opérant sur de très petites quantités de matière première : on prend par exemple 10$^{cm^3}$ (= 10^g de plante fraîche) de liqueur extractive traitée par le ferment, on fait avec de l'eau un volume de 150$^{cm^3}$ et l'on distille de façon à obtenir 50$^{cm^3}$ de distillat qu'on épuise par 40$^{cm^3}$ d'éther; celui-ci, séché sur du sulfate de soude anhydre et évaporé doucement, laisse un résidu évidemment peu abondant, mais cependant très net et très caractéristique de coumarine incolore, cristallisée en aiguilles. L'essai fait dans les mêmes conditions sur la liqueur extractive témoin conduit à un résultat totalement négatif.

Les recherches qui viennent d'être rapportées montrent que la couma-

rine observée résulte bien du dédoublement d'un principe glucosidique, sous l'influence de l'émulsine. Les variations trouvées au cours de nos essais dans la valeur de l'indice de réduction enzymolytique permettent de supposer, d'autre part, que le glucoside qui fournit la coumarine peut être différent d'une espèce végétale à l'autre ou peut être accompagné par d'autres glucosides également hydrolysables par l'émulsine. Étant donné ce que nous connaissons de l'action de ce dernier ferment, le sucre libéré en même temps que la coumarine est certainement du glucose *d*, mais nos recherches ne nous renseignent pas sur la question de savoir si la coumarine et le glucose *d* constituent à eux seuls la totalité de la molécule glucosidique.

PHYSIQUE. — *Sur la Relativité et sur un projet d'expérience décisive.* Note (¹) de M. **A. Righi.**

1. J'ai déjà fait noter ailleurs qu'on doit obtenir un déplacement de franges par la rotation de 90° de l'appareil de Michelson, si l'on a modifié les orientations des réflecteurs ; seulement il faut s'assurer d'avance par un calcul que ce déplacement soit assez grand pour ne pas passer inaperçu (²).

Je vais donner les résultats de calculs pour quelques cas particuliers. Mais d'abord je crois nécessaire d'expliquer quelques points essentiels de la théorie, qui me semblent n'avoir pas été bien compris par quelqu'un, certainement par ma faute ; et il me faut en outre compléter cette théorie pour le cas où l'observateur regarde à distance la *lame équivalente*.

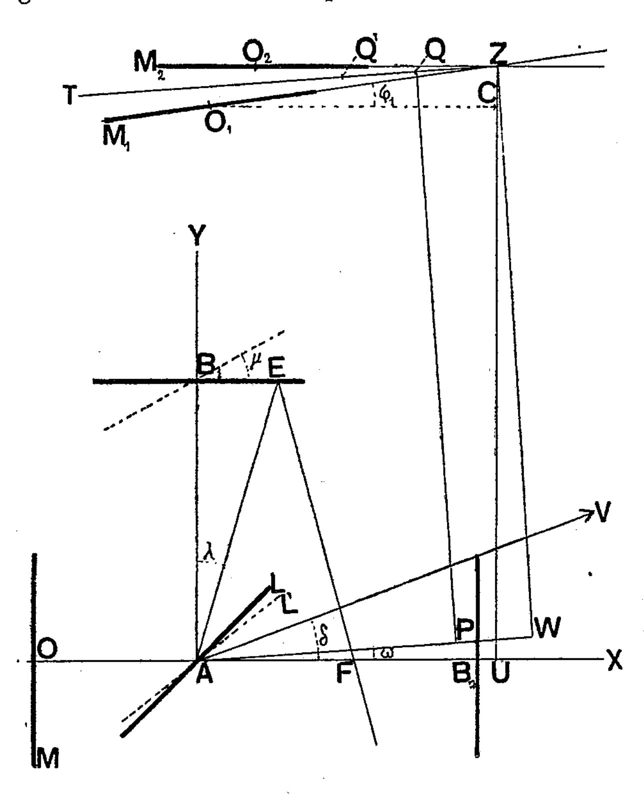
2. On admet que les ondes se propagent avec la vitesse invariable c dans l'éther immobile, pendant que l'appareil AB_1B_2 et l'observateur sont entraînés avec la vitesse v dans une direction AV inclinée de δ sur OAB_2X. La lumière réfléchie par AL se propage dans une direction AE inclinée de λ sur AB_1, jusqu'à ce qu'elle rencontre B_1, qui se sera déplacé d'une manière facile à déterminer. C'est par la valeur assignée à λ que ma théorie diffère de celle de Michelson et Morley. Ces physiciens admettent λ égal à l'aberration $v:c$, pendant que la construction de Huygens donne, dans le cas $\delta = 0^o$, $\rho + \frac{1}{2}\rho^2$. Ainsi il est naturel que la théorie admise jusqu'ici ne soit

(¹) Séance du 7 juin 1920.

(²) Pour détails : *Mém. de l'Ac. de Bologne*, avril 1920.

pas acceptable, vu qu'on y néglige un terme en ρ^2. Une fois admise la juste valeur pour λ, on reconnaît : 1° que le rayon AE, après réflexion sur B_1, ne rencontre pas AL là où le rayon EF coupe l'axe AX ; 2° que le rayon réfléchi par B_2 prend, après sa nouvelle réflexion sur AL, une direction différente de celle de EF. Les deux trains d'ondes qui sortent de l'appareil ne marchent donc pas dans une même direction, ce qui ne permet plus d'évaluer d'une manière facile leur différence de phase.

On a tourné cette difficulté en prenant en considération les deux images virtuelles M_1O_1, M_2O_2 d'une onde incidente MO prise comme source. Les formules qu'on trouve contiennent la distance arbitraire $OA = a$; mais on les simplifie en posant $a = 0$. Je prends ici comme *lame équivalente* celle qui a pour faces M_1O_1 et M_2O_2. On se figurera l'effet produit par l'appareil en considérant les deux trains d'ondes en phases égales partant de ces faces, comme s'il s'agissait de l'interférence par une lame mince ordinaire.



3. Il est d'usage de regarder une lame mince normalement à son plan. C'est ici le plan bisecteur TZ, qui est incliné de $\omega = \frac{1}{2}(\varphi_1 + \varphi_2)$ sur OX.

Après avoir calculé les coordonnées $AU = p$, $UZ = q$ de Z, au moyen de $q - Y_1 = \varphi_1(p - X_1)$ (qu'on tire du triangle O_1CZ) et d'une autre formule analogue :

$$(1) \qquad p = X_1\varphi_1 - X_2\varphi_2 + Y_2 - Y_1, \qquad q = (X_1 - X_2)\varphi_1\varphi_2 + Y_2\varphi_1 - Y_1\varphi_2,$$

on conduira AW parallèle et ZW perpendiculaire à ZT. Si à présent on pose $AW = w$, $WZ = u$, on aura

$$(2) \qquad w = p\cos\omega + q\sin\omega, \qquad u = q\cos\omega - p\sin\omega,$$

et après réduction de la première de ces formules on tire après réductions :

$$(3) \qquad w = l[1 + \rho(\cos\delta - \sin\delta) + \rho^2\cos 2\delta],$$

qui montre que le déplacement des franges est inappréciable. Par exemple, si l'on prend $l = 1^m$, $\lambda = 5.10^{-5}$ on trouve environ $\frac{4}{1000000}$ de l'intervalle des franges, comme déplacement.

4. Je vais compléter à présent la théorie. La quantité w est la distance de la frange centrale mesurée sur TZ à partir d'une origine arbitraire ; ce qui suffit pour la détermination du déplacement de Z, et de tout le système des franges, tel qu'il apparaît à un observateur situé tout près de la lame. Mais le même déplacement apparaîtra différent pour un observateur placé à distance, à cause d'un effet d'aberration. Supposons-le par exemple en un point P de la droite AW.

Soit Q le point de la lame duquel part normalement le rayon qui à l'instant considéré arrive en P. Pendant le temps $u:c$ employé par la lumière à parcourir $OP = u$, tout le système s'est déplacé avec la vitesse $\nu\cos(\delta - \omega)$ d'une quantité

$$QQ' = \nu\cos(\delta - \omega)\,u : c = u\rho\cos(\delta - \omega).$$

Le point duquel est parti le rayon considéré était donc en Q' au moment de sont départ. Cela s'applique à tout point de la lame. Ainsi, la position apparente de Z ne sera pas donné par w, mais par

$$W = w - u\rho\cos(\delta - \omega),$$

ce qui donne [au moyen des (1) et (2) et des coordonnées X_1, X_2, ...] :

$$(4) \qquad W = l[1 - \rho\cos\delta - \rho\sin\delta + \rho^2(1 - 2\sin 2\delta)].$$

Ce qui est digne de remarque est, qu'avec la théorie ainsi complétée l'effet de la rotation de 90° peut devenir rigoureusement nul pour l'obser-

vateur placé sur AW. En effet, on obtient pour W exactement la même valeur $\rho(1-\rho+\rho^2)$ soit qu'on y pose $\delta=0$ ou bien $\delta=90°$.

5. Le calcul général du déplacement des franges produit par la rotation de 90° donnée à l'appareil de Michelson, dans le cas où l'on ait modifié l'orientation des réflecteurs à partir de celles de l'expérience *pure*, serait extrêmement laborieux. Je me suis restreint au calcul d'un cas relativement simple de B_1 déplacé de l'angle μ. Naturellement X et Y ne changent pas, et pour l'image MO j'ai trouvé ailleurs :

$$(5)\quad \begin{cases} X_1=\dfrac{2l\cos\mu\cos(2\omega_1+\mu+\sigma_1)\sin(\sigma_1+\mu)}{\cos(2\omega_1+\mu)-\rho\sin(\delta-\mu)}, \\ Y_1=\dfrac{2l\cos\mu\cos(2\omega_1+\mu+\sigma_1)\cos(\sigma_1+\mu)}{\cos(2\omega_1+\mu)-\rho\sin(\delta-\mu)}, \end{cases}$$

les angles auxiliaires ω_1 et σ_1 ayant les valeurs :

$$(6)\quad \operatorname{tang}\omega_1=\frac{\rho(\cos\delta-\sin\delta)}{2-\rho(\cos\delta-\sin\delta)},\qquad \operatorname{tang}\sigma_1=\frac{\rho\sin(\delta-\mu)\sin(2\omega_1+\mu)}{1-\rho\sin(\delta-\mu)\cos(2\omega_1+\mu)}.$$

Avec ces équations j'ai fait le calcul numérique pour le cas de $\mu=1'$ et $\rho=10^{-4}$. Voici les résultats :

Pour $\delta=0°$................. $W=\dfrac{2l}{\varphi_1-\varphi_2}4021.10^{-10}$;

Pour $\delta=90°$................. $W=\dfrac{2l}{\varphi_1-\varphi_2}2554.10^{-10}$.

Comme $\varphi_1-\varphi_2$ diffère dans les deux cas moins d'une seconde d'arc, on peut considérer comme égal l'intervalle $i=\dfrac{\lambda}{\varphi_1-\varphi_2}$ entre les franges (λ longueur d'onde) et écrire :

$$W_0:i=\frac{2l}{\lambda}4021.10^{-10},\qquad W_{90}:i=\frac{2l}{\lambda}2554.10^{-10};$$

d'où

$$\Delta=\frac{W_0-W_{90}}{i}=\frac{2l}{\lambda}1467.10^{-10},$$

ce qui, pour $\lambda=5.10^{-5}$, $l=10^2$ donne $\Delta=0{,}5868$. Un tel déplacement d'environ $\frac{6}{10}$ de l'intervalle des franges ne pourra échapper à l'observation.

Comme i se trouve être ici égal à 1^{mm} à peu près, on pourra craindre que le travail optique des réflecteurs ne puisse être assez parfait pour obtenir de bonnes franges si rapprochées. Mais on pourra donner à μ une valeur

plus petite tout en réalisant un déplacement bien constatable. Si, par exemple, on adopte $\mu = 10''$, on aura des franges espacées d'environ $0^{cm},5$, et un déplacement de $\frac{1}{7}$ de cet intervalle.

Ces calculs exacts sont très fatigants; ainsi on pourra se contenter, au moins pour des essais préliminaires, de calculs grossièrement approchés. Pour cela, j'ai établi de nouvelles formules en supposant dans les (5) et (6) μ assez petit pour l'égaler à son sinus, et n'allant pas au delà des puissances ρ^2 et $\mu\rho$, etc. De cette manière je suis arrivé à l'équation

$$\Delta = \frac{W_0 - W_{90^\circ}}{i} = \frac{2l\rho}{\lambda}(5\mu + \rho), \tag{7}$$

qui se prête à des essais rapides. Pour donner idée du degré d'approximation de cette formule, voici la valeur qu'elle donne pour le Δ précédent : 0,6218 au lieu de 0,5868.

Il faut faire ici une remarque importante.

Lorsqu'on procédera à une expérience, ce que je compte faire dès que j'en aurai obtenu les moyens, il ne faudra pas se contenter d'une seule observation. Supposant que le déplacement de franges prévu se produise réellement, il pourrait se faire qu'une différence accidentelle entre les deux distances AB_1 et AB_2 vînt à la dissimuler. Appelant toujours l la distance AB_1, supposons AB_2 plus grande $l(1 + \varepsilon)$, ε étant une quantité très petite comme μ. Mes formules approchées conduisent alors au résultat suivant :

$$\Delta = \frac{2l\rho}{\lambda}(5\mu - \varepsilon + \rho), \tag{8}$$

qui montre que, pour une valeur convenable de ε, qui est $\varepsilon = 5\mu + \rho$, le déplacement Δ s'annule. Avec $\mu = 1'$ et $\rho = 10^{-4}$ on a $\varepsilon = 15$ millièmes de millimètre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Valeurs des dilatabilités des aciers au nickel types.* Note (¹) de M. **Ch.-Ed. Guillaume.**

Les alliages dont l'étude a servi à tracer la courbe d'ensemble des valeurs des dilatabilités propres aux aciers au nickel en fonction de leurs éléments principaux contenaient des proportions un peu variables d'additions, essen-

(¹) Séance du 21 juin 1920.

tiellement manganèse et carbone, et présentaient, en conséquence, une légère incertitude qu'il était désirable de faire disparaître. J'ai utilisé, dans ce but, les résultats des expériences faites sur des alliages à hautes teneurs en additions (¹), pour l'établissement des coefficients de correction qui permettent de modifier simultanément les valeurs de la dilatabilité et des teneurs en manganèse ou en carbone, de manière à ramener celles-ci à des grandeurs déterminées, et, partant, de tracer des réseaux de courbes dont chacune réunit les points correspondant à une même teneur de chacune des additions.

J'ai choisi, comme valeurs de référence, 0,4 Mn et 0,1 C pour 100, et désigné comme aciers au nickel types ceux qui contiennent simultanément ces proportions d'additions métallurgiques (²).

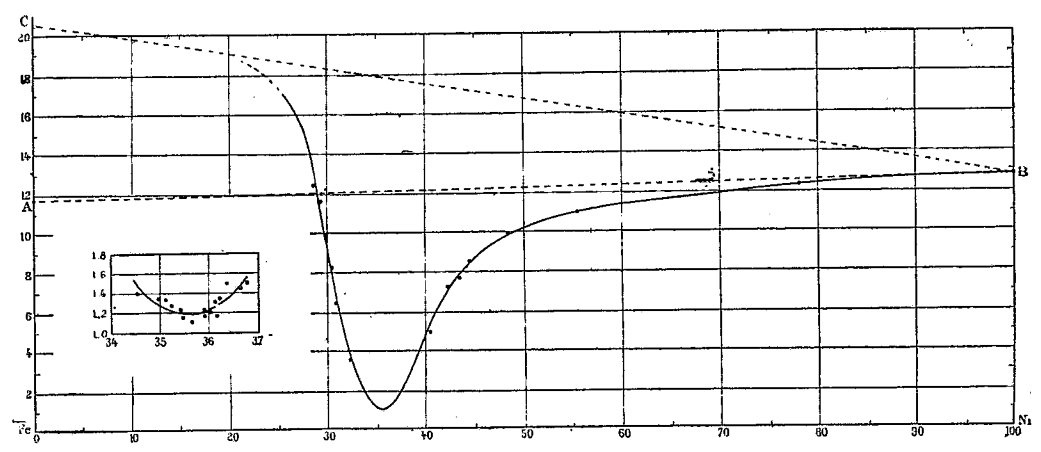


Fig. 1. — Dilatabilités vraies à 20° (en millionièmes) des alliages de fer et de nickel, additionnés de 0,4 Mn et 0,1 C pour 100.

Le résultat de tout ce travail est condensé dans les deux courbes (*fig.* 1 et 2), qui représentent les valeurs respectives des deux coefficients α_{20} et β_{20} de l'équation de dilatation.

Au sujet de ces diagrammes, quelques explications sont nécessaires.

Les valeurs figurées par la plupart des points qui ont servi à jalonner les courbes sont des moyennes de résultats obtenus sur plusieurs alliages. Dans la région du minimum, représentée à grande échelle dans le diagramme

(¹) *Action des additions métallurgiques*, etc. (*Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1433).

(²) On ne s'est pas préoccupé du silicium, dont la quantité dans les alliages était à peu près constante, et dont l'action semble très effacée.

annexe de la figure 1, les écarts par rapport à la courbe (parabole calculée) sont dus bien certainement aux erreurs de la teneur en carbone, qu'il suffit, pour les plus forts d'entre eux, de supposer égales à 0,02 pour 100.

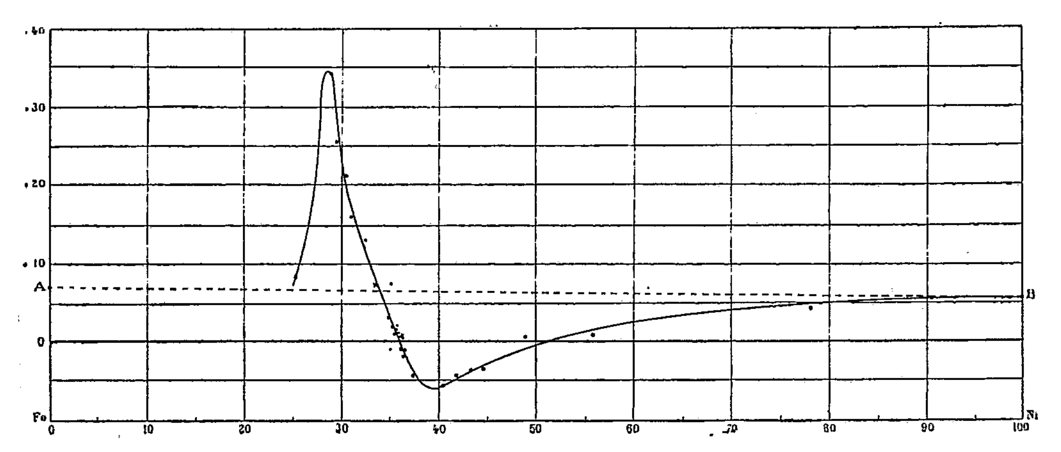


Fig. 2. — Valeurs du coefficient $10^9 \beta$ dans les alliages de fer et de nickel, additionnés de 0,4 Mn et 0,1 C pour 100. (Le point et la croix pour l'ordonnée commune $+7$ représentent respectivement le résultat brut des mesures et la valeur corrigée de l'action du carbone.)

Le début de la courbe représentative des valeurs de α_{20}, tracée en ligne de traits, a été emprunté aux alliages fortement additionnés de manganèse ou de carbone, car, dans cette région de teneurs en nickel, les alliages purs sont irréversibles à la température ordinaire.

On a tracé, au travers des deux diagrammes, les droites AB, qui réunissent respectivement les valeurs de α_{20} et de β propres au fer alpha et au nickel, et, dans le premier, la courbe CB, qui part de la dilatabilité propre au fer gamma. La droite correspondante n'a pas été tracée dans le deuxième diagramme, la valeur de β pour le fer gamma n'étant pas très bien connue, et d'ailleurs peu différente de ce qu'elle est pour le fer alpha.

Tandis que, rapportées à la droite AB, les dilatabilités peuvent présenter une anomalie positive ou négative, rapprochées de la droite CB, elles sont toutes en anomalie négative. Cette représentation est bien celle qui répond à l'étude d'ensemble de la question.

Les coordonnées du minimum de α_{20} sont :

$$\mathrm{Ni} = 35{,}6 \text{ pour } 100, \qquad \alpha_{20} = 1{,}19 \cdot 10^{-6};$$

elles se rapportent à l'invar type, à l'état naturel, c'est-à-dire laminé à chaud et refroidi à l'air. Les coefficients de manganèse et de carbone

correspondant à 35,6 Ni, étant respectivement égaux à $0,12.10^{-6}$ et $0,5.10^{-6}$ pour $\frac{1}{1000}$ de chacune de ces additions, on obtiendrait, par l'association du fer et du nickel purs (abstraction faite du silicium), un alliage dont la dilatabilité serait de $0,2.10^{-6}$.

PRÉSENTATIONS.

Formation d'une liste de deux candidats à la Chaire d'histoire générale des sciences vacante au Collège de France. — Pour la première ligne, M. **Pierre Boutroux** est désigné par 29 voix contre 10 à M. Manouvrier. Il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. **Manouvrier** réunit l'unanimité des 32 suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **L. Torres Quevedo**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° C. Grard, *L'aluminium et ses alliages*. (Présenté par M. G. Charpy.)
2° R. Lespieau, *La molécule chimique*. (Présenté par M. A. Haller.)
3° Édouard Noë et Louis Troch, *Pieux et sonnettes*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le module et les zéros des fonctions analytiques.* Note de M. **Georgés-J. Rémoundos.**

1. Soit $u = f(x)$ une fonction holomorphe dans un domaine fini D et proposons-nous d'étudier ses propriétés dans le domaine d'holomorphie. Comme il s'agit de propriétés non asymptotiques, puisque nous sommes obligés de nous borner au domaine D, le fécond instrument de l'infiniment

grand est en défaut; c'est pour cela que les méthodes sont plus ardues et les résultats moins simples.

Ayant entrepris des recherches dans cette voie, j'ai pu obtenir des résultats intéressants et nombreux, dont je désire indiquer quelques-uns.

Théorème I (*nombre des zéros*). — *Soient $f(z)$ une fonction holomorphe dans le cercle $|z| \leqq R$ et r_0, R_0 deux nombres positifs ne dépassant pas le rayon R. Si nous considérons une valeur r quelconque de l'intervalle (r_0, R_0), un nombre m arbitrairement grand, et le nombre n des zéros de $f(z)$ contenus dans le cercle $|z| \leqq r$, alors :*

Ou bien nous avons l'inégalité

$$(1) \qquad n < (1 + \theta)[\log \mu(r)]^3 \qquad [\theta \text{ positif arbitraire}]$$

où le $\mu(x)$ désigne le module maximum de $f(z)$ sur la circonférence $|z| = r$, sauf, peut-être, d'intervalles exceptionnels d'étendue totale inférieure à $\frac{R_0 - r_0}{m}$;

Ou bien $\mu(r_0)$ ne dépasse pas une quantité K ne dépendant que des nombres m, θ, $\frac{R}{R_0}$, $\frac{R_0}{r_0}$ et $a_0 = f(0)$. Nous pouvons prendre K égal au plus grand des nombres

$$(2) \qquad e^{\frac{1}{\log R - \log R_0}}, \quad e^{\frac{m\left(1 + \frac{1}{\theta}\right)}{\log R_0 - \log r_0}}, \quad e^{1 + \sqrt{1 - 4\frac{\log|a_0|}{1+\theta}}}.$$

Dans le cas où $|a_0| > 1$, la formule (1) peut se remplacer par

$$n > (1 + \theta)[\log \mu(r)]^2,$$

et la quantité K ne dépend plus de a_0.

Dans le cas où $a_0 = 0$, les expressions (2) donnent pour K la valeur ∞. Dans ce cas, je remplace le théorème I par un autre plus général que je n'indique pas ici. Le théorème est susceptible d'une précision analogue à celle qui a été l'objet d'une Communication précédente.

Théorème II (de module minimum). — *Si nous excluons sur le segment (r_0, R_0) de l'axe des r quelques intervalles d'étendue totale inférieure à $\frac{R_0 - r_0}{m}$, ou bien toutes les autres valeurs r du segment (r_0, R_0) satisfont à l'inégalité* (1)

$$|f(z)| > e^{-[\log \mu(r)]^{11}} \qquad [\text{sur le cercle } |z| = r],$$

(1) Elle n'est pas la meilleure que ma méthode puisse donner : elle est susceptible de précision, que je n'ai pas poursuivie parce que le but principal de mes recherches n'était pas sur ces questions.

ou bien $\mu(r_0)$ *ne dépasse pas une quantité* Q *qui ne dépend que des nombres* m, $\alpha_0 = f(0)$ *et les rapports* $\frac{R_0}{R}$, $\frac{r_0}{R}$. Des détails sur cette quantité Q seront donnés dans mon Mémoire étendu qui va paraître.

Pour le cas où $\alpha_0 = 0$, j'établis un autre théorème plus général.

J'établis un théorème analogue concernant la grandeur du module de la dérivée $f'(z)$ en relation avec $\mu(r)$.

Ces théorèmes entraînent des conséquences intéressantes pour les fonctions entières, qui seront exposées dans le Mémoire étendu. Je tiens ici à faire connaître certains résultats ([1]), concernant les fonctions algébroïdes, auxquels m'a conduit l'application des théories ci-dessus indiquées et dont la grande importance est visible, à savoir :

Théorème III. — *Soit* $u = \mathrm{a}(z)$ *une fonction algébroïde à* ν *branches finies dans le cercle* (C)

$$|z| \leqq R.$$

S'il existe 2ν *valeurs finies* $u_0, u_1, u_2, u_3, \ldots, u_{2\nu-1}$, *que la fonction* $u = \mathrm{a}(z)$ *ne prend pas dans le cercle* (C), *le* $|\mathrm{a}(z)|$ *ne dépasse pas, sur la circonférence* $|z| = \frac{R}{2}$, *une quantité* $\omega[\nu, u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}, \mathrm{a}(0)]$ *ne dépendant que du nombre* ν *des branches, des valeurs exceptionnelles* $u_0, u_1, \ldots, u_{2\nu-1}$ *et des valeurs à l'origine* $z = 0$ *de la fonction* $\mathrm{a}(z)$.

D'une façon générale, sur la circonférence $|z| = \lambda R$ (λ *un nombre quelconque inférieur à l'unité*), *la borne* ω *de* $|\mathrm{a}(z)|$ *dépend aussi du nombre* λ.

C'est une généralisation parfaite du théorème bien connu de M. Schottky qui correspond au cas particulier $\nu = 1$ ([2]).

Théorème IV (*extension du théorème Picard-Landau*). — *Soit* $u = \mathrm{a}(z)$ *une algébroïde à* ν *branches finies dans le voisinage de l'origine* $z = 0$ *et définie par l'équation*

$$F(z, u) = u^\nu + A_1(z)u^{\nu-1} + A_2(z)u^{\nu-2} + \ldots + A_\nu(z) = 0,$$

([1]) J'ai autrefois poursuivi de tels résultats, mais je n'avais de succès que dans des cas très particuliers et très commodes. Voir, par exemple, G. Rémoundos, *Généralisation d'un théorème de M. Landau* (*Bull. de la Soc. math. de France*, t. 41, 1913, p. 19-24 et 340-346.

([2]) Schottky, *Ueber den Picardschen Satz und die Borelschen Ungleichungen* (*Sitzungsberichte der k. pr. Akad. der Wissenschaften*, t. 42, 1904, p. 1244-1262).

où

$$A_i(z) = a_{i0} + a_{i1}z + a_{i2}z^2 + \ldots \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots, \nu).$$

Considérons un coefficient a_{kn} (*où* $n \neq 0$) *qui ne soit pas nul et* 2ν *nombres* $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}$ *quelconques distincts.*

Il existe un cercle

$$|z| \leqq R = R[\nu, u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}, \mathrm{a}(0), a_{kn}]$$

dont le rayon ne dépend que des nombres $\nu, u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}, a_{kn}$ *et des valeurs* $\mathrm{a}(0)$ *de la fonction (et nullement des autres coefficients), à l'intérieur duquel la fonction* $u = \mathrm{a}(z)$ *ou bien n'est pas algébroïde et finie, ou bien prend au moins une fois l'une au moins des valeurs* $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{2\nu-1}$.

C'est là, on le voit, une extension parfaite de la généralisation du célèbre théorème classique de M. Picard, indiquée en 1904 par M. Landau (1), qui se présente comme cas particulier du théorème IV.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'allure du mouvement dans le problème des trois corps quand le temps croît indéfiniment.* Note de M. **Jean Chazy**, présentée par M. E. Goursat.

Dans le problème des trois corps, quand le temps croît indéfiniment, et que les trois constantes des aires (dans le mouvement par rapport au centre de gravité) ne sont pas nulles, les différentes allures possibles des trajectoires sont les suivantes :

I. Les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre 1 par rapport à l'infiniment grand principal t.

Les neuf coordonnées cartésiennes sont, quand t est assez grand, développables sous la forme (2)

$$At + B\log t + S\left(\frac{1}{t}, \frac{\log t}{t}\right),$$

où A et B désignent des constantes et S une série entière à coefficients constants en $\frac{1}{t}$ et $\frac{\log t}{t}$. Les neuf développements dépendent au total de douze paramètres. La cons-

(1) Voir, par exemple, Landau, *Ueber eine Verallgemeinerung des Picardschen Satzes* (*Sitzungsberichte der k. pr. Akademie der Wissenschaften*, Berlin, 1904, p. 1118-1133).

(2) Cf. *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1397.

tante des forces vives, h, différence entre la force vive des trois corps et la fonction de forces, est nécessairement positive. On a appelé *hyperboliques* ces trajectoires qui généralisent les branches d'hyperboles du problème des deux corps.

II. La distance de deux corps, r, est bornée (soient x, y, z les coordonnées cartésiennes de l'un par rapport à l'autre), et la distance du troisième corps au centre de gravité des deux premiers, ρ (soient ξ, η, ζ les coordonnées correspondantes), est un infiniment grand d'ordre 1.

Les mouvements, par rapport à l'origine, des deux points de coordonnées x, y, z et ξ, η, ζ admettent comme mouvements osculateurs des mouvements respectivement elliptique et hyperbolique, dont les douze éléments tendent en général vers des limites. La constante des forces vives h peut être positive, négative ou nulle.

La représentation précédente tombe en défaut si les trois quantités $yz' - zy'$, $zx' - xz'$, $xy' - yx'$ ou les trois quantités $\eta\zeta' - \zeta\eta'$, $\zeta\xi' - \xi\zeta'$, $\xi\eta' - \eta\xi'$ tendent vers zéro. Si $yz' - zy'$, $zx' - xz'$ et $xy' - yx'$ tendent vers zéro, les deux corps de distance r deviennent une infinité de fois arbitrairement voisins. Il est facile de réaliser une infinité de chocs successifs dans les mouvements possédant des éléments de symétrie : par exemple dans le mouvement rectiligne, ou dans le mouvement possédant un plan de symétrie ([1]) qui contient l'une des masses et par rapport auquel les deux autres masses, égales, sont à chaque instant symétriques. Mais les deux corps de distance r peuvent-ils être une infinité de fois arbitrairement voisins sans se choquer? la question est douteuse. On peut remarquer que, si cette dernière circonstance se présente, l'orbite du point x, y, z tend vers un segment de droite, et sa distance périhélie tend vers zéro au moins aussi vite que t^{-4}.

III. La distance de deux corps, r, et la distance ρ correspondante sont des infiniment grands d'ordres respectifs $\frac{2}{3}$ et 1.

IV. La distance r est bornée et la distance ρ est un infiniment grand d'ordre $\frac{2}{3}$.

Les deux cas III et IV peuvent être considérés comme des cas-limites du cas II, où les éléments du premier ou du second des deux mouvements osculateurs tendent vers des éléments paraboliques. Les trajectoires des cas III et IV dépendent chacune d'onze paramètres. Ces deux cas comportent des circonstances d'exception analogues à celles du cas II. h est positif dans le cas III, négatif dans le cas IV.

V. Les trois distances mutuelles sont des infiniment grands d'ordre $\frac{2}{3}$.

La trajectoire est alors du type que j'ai appelé *parabolique* ([2]). Tandis que sur les

---

([1]) Cf. *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 527.

([2]) Cf. *Bulletin astronomique*, décembre 1918, p. 343.

trajectoires hyperboliques la forme du triangle des trois corps peut avoir une limite quelconque (où du moins les rapports des côtés soient finis), cette forme tend nécessairement ici vers l'une des deux configurations qu'a obtenues (¹) Lagrange dans l'équilibre relatif des trois corps. Les neuf coordonnées cartésiennes sont, quand t est assez grand, développables en séries ordonnées suivant des puissances décroissantes du temps, où les premiers termes sont en $t^{\frac{2}{3}}$, et où les exposants suivants sont fonctions algébriques des masses. Les trajectoires paraboliques du problème des trois corps dépendent de neuf et dix paramètres. La constante h correspondante est nulle.

VI. Les trois distances mutuelles sont bornées.

Mais au point de vue du voisinage des corps, différentes circonstances sont possibles :

1° Les distances mutuelles restent toutes trois supérieures à une longueur fixe : tel est le cas des solutions périodiques et sans chocs, et des solutions asymptotiques à ces solutions périodiques. Cette première circonstance est, parmi toutes, la seule où soient remplies les deux conditions de la stabilité complète.

2° Le mouvement présente une infinité de chocs de deux corps : il est facile de réaliser cette circonstance dans les mouvements possédant des éléments de symétrie (*vide supra*).

3° Deux des corps deviennent une infinité de fois arbitrairement voisins sans se choquer. M. Andrade a obtenu (²) cette troisième circonstance dans le mouvement plan d'un point matériel attiré en raison inverse du carré de la distance par deux points fixes. Ce dernier problème est une dégénérescence du problème restreint, qui est lui-même une dégénérescence du problème général des trois corps : il existe par suite des trajectoires de ce problème général qui dépendent de douze paramètres et qui présentent cette troisième circonstance.

4° Ou enfin les deux circonstances précédentes se présentent simultanément; ou encore les deux corps qui se choquent ou deviennent voisins ne sont pas toujours les mêmes.

VII. Les trois distances mutuelles, ou deux d'entre elles, sont tantôt bornées, tantôt arbitrairement grandes, et d'ailleurs au point de vue de leurs minima, peuvent présenter *a priori* les différentes circonstances du cas précédent.

(¹) Savoir le triangle équilatéral et une configuration formée de trois points en ligne droite dont les rapports des distances sont déterminés en fonction des masses par une équation algébrique du cinquième degré. On sait que, dans un choc des trois corps, la configuration-limite est aussi l'une des deux configurations de Lagrange.

(²) Cf. *Journal de l'École Polytechnique*, 60ᵉ cahier, p. 55. Je ne sais s'il a été remarqué que le problème traité par M. Andrade donne aussi un exemple, le plus simple sans doute dans le problème des trois corps, de solutions doublement asymptotiques, d'ailleurs homoclines selon le terme de Poincaré.

Les théorèmes de Laplace, Lagrange et de Poisson sur l'invariabilité des grands axes ont précisément posé la question de savoir si, oui ou non, existent des trajectoires de cette septième sorte. On a réduit souvent la démonstration de la stabilité dans le problème des trois corps à la démonstration de la non-existence de telles trajectoires.

L'énumération qui précède est limitative. Il n'existe pas d'autres [1] trajectoires réelles du problème des trois corps que les trajectoires des sept sortes que nous venons d'énumérer (si les trois constantes des aires ne sont pas nulles); et d'ailleurs il existe des trajectoires de chacune de ces sept sortes, sauf, peut-être, de la septième.

Si l'on classe les trajectoires obtenues suivant le signe de la constante des forces vives, signe qui est décisif dans le problème des deux corps, on voit que, si h est positif, la trajectoire peut rentrer dans les cas I, II ou III; si h est nul, dans les cas II ou V; et si h est négatif, dans les cas II, IV, VI ou VII.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'origine de la chaleur solaire et stellaire.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

La théorie de la contraction du Soleil ne peut lui assurer dans le passé une durée de radiation au taux actuel de plus de 32 millions d'années, alors que la Géologie et l'évaluation de l'âge des minéraux exigent que la Terre ait eu une existence 10 à 20 fois plus longue. La même difficulté se présente aujourd'hui en Astronomie stellaire : les étoiles géantes, très peu condensées, de densité moyenne 10^{-5}, ne peuvent, d'après Eddington, avoir rayonné depuis plus de 100000 ans si la contraction est leur seule source d'énergie, alors que, d'après Shapley, des étoiles du même type et de même indice de couleur existent dans des amas dont les distances diffèrent de beaucoup plus de 100000 ans de lumière.

On peut chercher dans les chocs cosmiques analogues à ceux des Novæ la solution de cette difficulté, à condition que la matière stellaire puisse emmagasiner l'énorme provision de chaleur produite. Sur ce second point, H. Poincaré a montré (*Hyp. cosmogoniques*, p. 202), en partant des équa-

(1) Par exemple l'hypothèse émise autrefois, et dans laquelle deux corps tendraient l'un vers l'autre quand le temps croît indéfiniment, la distance du troisième corps aux deux premiers restant supérieure à une longueur fixe, doit être écartée comme impossible.

tions fondamentales de la Thermodynamique et de l'élasticité, que dans l'intérieur des étoiles, en raison des pressions énormes qui y règnent, la chaleur spécifique pouvait être très grande.

Si la loi d'accroissement (avec la température) de la chaleur spécifique dans le Soleil est celle de l'eau (0,03 par 100°), à une température interne moyenne de 1 million de degrés correspondrait une chaleur spécifique moyenne de 300, qui permettrait au Soleil d'accumuler pour 210 millions d'années de radiation : or Eddington a calculé qu'une étoile gazeuse de masse voisine de celle du Soleil, de température effective à la surface identique (6000°) aurait une température moyenne de plus de 1 million de degrés.

Il suffit donc maintenant de montrer quelle est la quantité de chaleur produite dans un choc cosmique. Si M est la masse d'un astre, R son rayon, l'énergie maxima emmagasinée par contraction, est, d'après H. Poincaré,

$$\frac{M^2}{R} = M\frac{V_p^2}{2} \quad (V_p \text{ vitesse parabolique à la distance } R).$$

En exprimant cette énergie en fonction de V_p on voit nettement que pour le Soleil, les 32 millions d'années de sa radiation dans le passé correspondent à l'annulation de la force vive de sa masse animée de la vitesse parabolique 624^{km} par seconde.

Mais dans les chocs cosmiques on constate des vitesses radiales beaucoup plus élevées (1600^{km} et 2400^{km} dans la Nova de l'Aigle 1918) ce qui permet d'admettre que les vitesses réelles sont encore plus grandes. Si une étoile gazeuse de densité voisine de 10^{-5} heurte une nébuleuse à la vitesse de 2000^{km} par seconde, sa vitesse sera rapidement enrayée tant par le choc direct des masses nébuleuses ayant une vitesse relative hyperbolique que par le frottement latéral de ces mêmes masses. Si la vitesse de la masse M se réduit de 2000^{km} à 20^{km} par la traversée de la nébuleuse, il se sera transformé en chaleur une énergie $\frac{M\,\overline{1980}^2}{2}$, soit environ 10 fois l'énergie nécessaire pour produire 32 millions d'années de radiation dans le cas du Soleil; à cette énergie emmagasinable dans la matière, d'après ce qui précède, pourra s'ajouter au cours des âges l'énergie de contraction, ce qui assurerait au Soleil 350 millions d'années de radiation.

On comprend dès lors pourquoi les Novæ apparaissent si brusquement, leur éclat se multipliant par 100000 en 24 heures, pourquoi aussi elles diminuent assez rapidement de grandeur. Pour une étoile gazeuse ayant la

masse du Soleil et la densité 10^{-5}, le diamètre serait de 62 rayons solaires ou $0,29\,u.\,a.$ A cette distance $V_p = 78^{\text{km}}$ valeur faible en regard de 2000^{km} par seconde : les masses nébuleuses n'ont pas le temps d'être attirées avant de subir le choc de l'étoile. Après le choc, la surface de celle-ci où se produit un excès considérable de température rayonne non seulement vers l'extérieur, mais *vers l'intérieur* de l'étoile en raison de la transparence des couches externes très peu denses : la chaleur va s'accumuler dans les régions profondes de l'étoile tandis que ce double rayonnement et le ralentissement de la vitesse diminuent l'éclat de la surface.

La valeur $0,29\,u.\,a.$ du rayon primitif du Soleil gazeux (proto soleil) est précisément celle que m'a donnée le premier terme de la loi des distances planétaires ($X_n = 62 + 1,886^n$ en rayons solaires) et qui se trouve correspondre à la densité des étoiles gazeuses de même type.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Température de formation d'une étoile dans une nébuleuse homogène indéfinie.* Note de M. **A. Véronnet**, présentée par M. B. Baillaud.

Dans une nébuleuse homogène indéfinie de densité ρ, si l'on ajoute en un point une masse supplémentaire m, elle condense autour d'elle une masse M, au bout du temps t, donné par la formule ([1])

$$t\sqrt{4\pi f\rho} = \operatorname{Log}\frac{36}{(2+\sqrt{3})^{\sqrt{3}}}\,\frac{M}{m}.$$

L'énergie produite par la chute de l'accroissement de masse dM sur la masse M supposée sphérique, de rayon r est

$$dE = f\frac{M}{r}\,dM = f\frac{M^2}{r}\sqrt{4\pi f\rho}\,dt.$$

Cette énergie dE se transforme en chaleur absorbée par dM, élevée à la température T, et en chaleur rayonnée, proportionnelle à r^2T^4, d'après la loi de Stefan. La chaleur absorbée devient assez vite négligeable devant la chaleur rayonnée. En désignant par q_1 la quantité de chaleur rayonnée (par cm^2 : sec) à la température T_1, on a la relation suivante, qui donne la température sur le rayon r ou à la surface de la masse M, de densité

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 40.

moyenne D,

$$\frac{T^4}{T_1^4} = \frac{f\sqrt{4\pi f\rho}}{4\pi q_1}\frac{M^2}{r^3} = \frac{\sqrt{4\pi f^3}}{3q_1}\,\mathrm{DM}\sqrt{\rho}.$$

La température intérieure de formation est proportionnelle à $\sqrt[4]{r^3}$. Elle serait nulle au centre. *On pourrait avoir un noyau central solide*, resté tel, à cause de la diffusion extrêmement faible, aussi bien dans le Soleil que dans la Terre.

La quatrième puissance de la température de formation d'un astre est proportionnelle à sa masse M *et à sa densité* D, *et aussi à la racine carrée de la densité* ρ *de la nébuleuse où il se forme.*

Nous avons vu d'ailleurs que, d'après la *loi des gaz réels*, la densité des astres gazeux doit être sensiblement uniforme ([1]) et proportionnelle à la température ([2]). On aura

$$T^5 = kM, \qquad T^2 = k'r.$$

Pour les astres formés des mêmes éléments, dans le même milieu et dans le même temps, la température de formation serait proportionnelle à la racine cinquième de la masse ou à la racine carrée du rayon. Il faut exclure le cas de formation par choc.

Une étoile de masse 32 fois plus grande aurait une température double. Il faudrait une masse 343 fois plus grande pour donner une température triple. D'après les masses connues, les températures de formation des étoiles n'ont pas dû atteindre le triple de la température du Soleil. Les températures d'étoiles, mesurées avec quelque précision, ne dépassent guère ce chiffre.

La température de formation du Soleil a dû être au moins égale à sa température actuelle, ce qui nous donne une limite minimum de la densité de la nébuleuse primitive. La masse du Soleil et des planètes aurait dû être dispersée dans une sphère égale à près de 500 000 fois la distance Terre-Soleil. *On en déduit le temps maximum que le Soleil a mis pour se former, qui est de* 200 *millions d'années*, après la formation d'un noyau égal à la millième partie de sa masse ([3]). Ce nombre a ceci de remarquable qu'il dépend seulement de la valeur du rayonnement du Soleil q_1 connu à un dixième près.

([1]) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 1035.
([2]) *Ibid.*, t. 166, 1918, p. 642.
([3]) *Ibid.*, t. 170, 1920, p. 40.

L'étoile la plus rapprochée est à 200000 fois la distance du Soleil. Si on disperse la masse du Soleil dans une sphère de rayon moitié moindre et que l'on prenne la densité correspondante pour la densité de la nébuleuse, on obtient *la température probable de formation du Soleil* qui serait de 10500° en lui supposant le rayon actuel, et de 9600° avec un rayon de 1,17 en tenant compte de la dilatation. On a admis $T_1 = 6000°$ pour la température actuelle du Soleil. Or en se reportant aux calculs sur le refroidissement et l'évolution du Soleil ([1]), on trouve, en remontant de l'époque actuelle, qu'il aurait eu une température de 9600° avec un rayon de 1,15, il y a 820000 ans. L'accord est remarquable ici entre les chiffres obtenus par deux méthodes diamétralement opposées. Le temps de formation avec cette densité ρ aurait été de 20 millions d'années.

Enfin, si on réduit la dispersion des éléments de notre système à 10000 fois seulement la distance Terre-Soleil, ce qui paraît être un minimum, on trouve une *température de formation maximum* de 26000° avec le rayon actuel, ou de 20000° et un rayon de 1,47 en tenant compte de la dilatation. Le temps de formation aurait été réduit à 640000 ans, tandis que le temps d'évolution, après la formation, n'aurait été augmenté que de 30000 ans. Ainsi une formation rapide, par choc par exemple, augmenterait la température, mais très peu le temps d'évolution, qui reste inférieur à un million d'années.

En résumé, dans l'hypothèse de la formation au sein d'une nébuleuse homogène indéfinie, *le temps de formation du Soleil peut varier de* 200 *millions d'années à* 640000 *ans. Le temps d'évolution, depuis la formation, varierait de* 0 *à* 850000 *ans, et la température de formation resterait inférieure à* 20000°.

ÉLECTRICITÉ. — *Vérification de la thermo-électricité du mercure liquide.* Note de M. **Gouineau**, présentée par M. Lippmann.

Récemment ([2]), M. C. Benedicks démontrait expérimentalement l'existence d'un nouvel effet thermo-électrique dont il définissait ainsi les conditions de production : « Dans un circuit métallique homogène, une distribution asymétrique des températures donne naissance à une force électromotrice. » Contre cet énoncé il y avait tous les résultats négatifs

([1]) *Comptes rendus*, t. **166**, 1918, p. 812.
([2]) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 751.

des anciens chercheurs (Emmet, Matteucci, Henrici, Magnus, Gaugain, Braun).

Pour aller au-devant des objections déjà faites à la réalité de l'existence de l'effet Thomson (Claudius et Wiedemann le considéraient comme un vague effet Peltier occasionné par l'hétérogénéité de la structure des métaux industriels), critiques n'ayant persisté que jusqu'au jour où Haga réussit à observer l'effet Thomson dans le mercure liquide, M. C. Benedicks démontra (1) l'existence de son nouvel effet thermo-électrique dans le cas du mercure.

Je crois que seuls, en effet, les résultats obtenus avec le mercure, toutes précautions prises, sont indiscutables. Encore était-il difficile de provoquer et de mesurer une force électromotrice sans que le circuit contienne des métaux autres que le mercure.

M. C. Benedicks fit une première expérience avec une petite cuve en verre renfermant une lame de mercure de $0^{mm},1$ d'épaisseur, suspendue dans un champ magnétique; en la chauffant dissymétriquement (M. C. Benedicks chauffait un appendice de moindre section réuni à la cuve par un étranglement de 1^{mm}) on obtint dans un champ de 500 gauss des déviations sur l'échelle de 19^{mm}. Quoique faibles, ces déviations validaient l'hypothèse émise, malgré la complexité des circuits se fermant dans le mercure. Pour les rendre faciles à constater il fallait que les forces thermo-électriques en question aient une intensité suffisamment grande. Or M. C. Benedicks a démontré que l'intensité u des forces en question augmente bien plus rapidement que les chutes de température. En effet, on a, entre u et la différence double de température $2t$ la relation

$$u 8 k (5)^3,$$

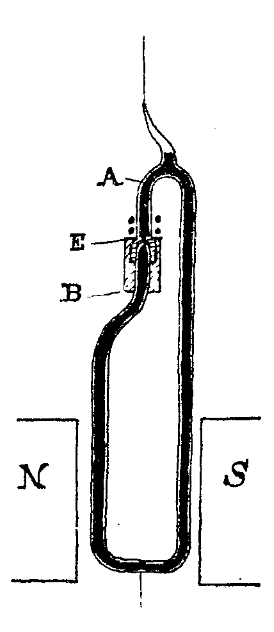
k étant pour un métal donné une constante caractéristique du vase à étranglement employé. Cette formule cubique fait donc voir que si une différence de température donnée existe entre deux points dont la distance est $0^{mm},1$, la force thermo-électrique de première espèce sera 1000 fois plus grande que si cette distance est 1^{mm}.

Il fallait, par conséquent, réaliser une chute de température excessivement brusque.

J'ai étudié cette question et je me permettrai de signaler ici les résultats

(1) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 426. Exposé détaillé, *Ann. d. Physik*, t. 55, 1918, p. 1-80 et 103-150.

d'une de mes expériences. L'appareil à concevoir devant servir en même temps à engendrer des forces thermo-électriques et à les mesurer, il était difficile de trouver pour le vase contenant le mercure une forme et une substance qui permettent d'obtenir un étranglement effectif, en même temps qu'un transport de chaleur minimum. J'ai construit au moyen d'un tube de verre de 3^{mm} de diamètre extérieur l'appareil figuré ci-dessous.



La partie inférieure seule se trouvait dans le champ magnétique; à la partie supérieure et dans l'axe du système se trouve un étranglement E de $0^{mm},1$ de diamètre (alors que celui de M. C. Benedicks avait 1^{mm}).

Le tube A, soudé à un manchon de verre d'un diamètre légèrement supérieur, venait s'emboîter sur l'étranglement. L'intervalle entre les deux tubes était mastiqué soigneusement. A partir de l'étranglement et sur 2^{cm}, le tube était entouré d'un manchon d'amiante B. On chauffait le mercure à l'aide d'une pince de ferro-nickel porté au rouge, immédiatement au-dessus de l'étranglement.

La conduction thermique du verre, qui força M. C. Benedicks à employer l'ardoise et l'asbeste pour l'étude des mêmes phénomènes à l'aide du galvanomètre, était considérablement réduite. Nous avions donc deux masses de mercure réunies par un étranglement de $0^{mm},1$ dont l'une était à la température ambiante, l'autre à plus de 150°.

Après un chauffage de 40 secondes environ, l'appareil étant placé dans un champ magnétique de 2000 gauss, le spot lumineux commençait à se déplacer d'abord lentement, puis plus rapidement. On a observé des déviations très nettes (par exemple, 500^{mm} à une distance miroir échelle de 1500^{mm}).

On constata aussi que le sens de la déviation change avec le signe du champ magnétique ainsi que le veut la théorie. En répétant l'expérience dans un champ nul pour apprécier l'importance des courants d'air produits par le chauffage, la déviation ne dépassa pas 1^{mm} à 2^{mm}.

Il fut de même tenu compte des déviations propres de l'appareil, inévitables dans un champ magnétique aussi puissant. Le mercure employé avait été purifié à l'acide azotique, lavé à l'eau distillée, puis desséché soigneusement.

Ces résultats, en vérifiant et en complétant ceux de M. Benedicks, permettent d'affirmer que le nouvel effet thermo-électrique par étranglement existe dans le mercure et qu'il ne provient pas, par conséquent, de l'hétérogénéité des métaux employés.

ÉLECTRICITÉ. — *Analyse de trois effets galvanomagnétiques. Confirmation d'un nouvel effet.* Note (¹) de M. **A. Sellerio**, présentée par M. Lippmann.

On a vu, dans une Note précédente, que dans une plaque parcourue par un courant électrique normal à un champ magnétique, le champ fait apparaître un courant *le long d'une ligne de force magnétique;* c'est pour cela qu'on peut appeler tout court ce phénomène *axial*, en le distinguant de celui de Hall qui est dit *transversal*.

J'ai poursuivi l'étude de ce phénomène de la manière suivante :

Soit une plaque rectangulaire avec ses électrodes, pointues, A, B primaires, C, D secondaires, disposées à l'ordinaire. La droite AB sera dite *axe* de la plaque; comme elle est supposée dans la figure 1 normale au papier, l'axe AB se projette en un point P.

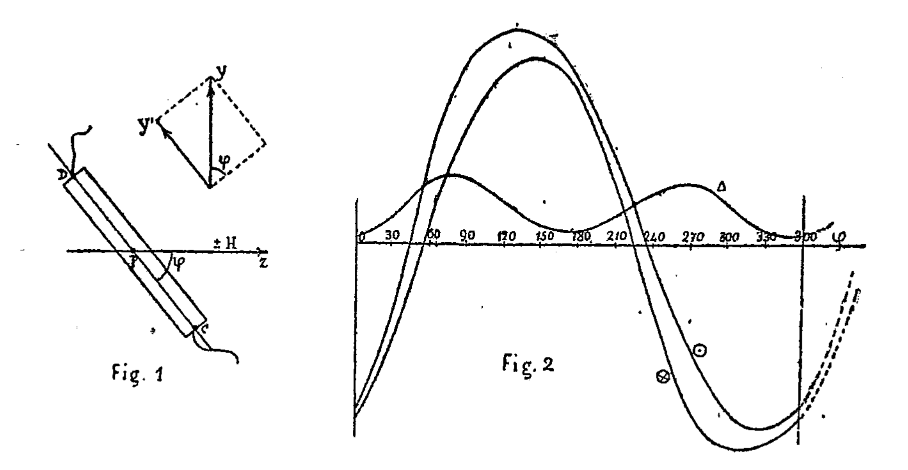
Le courant primaire qui traversera la plaque sera désigné par $\rightarrow$ lorsqu'il ira du devant en arrière de la feuille, par $\leftarrow$ dans le cas contraire; le champ magnétique horizontal sera désigné par $\odot$ lorsqu'il aura le sens $+z$,

(¹) Séance du 7 juin 1920.

par ⊕ dans le cas contraire. Cela posé, supposons que l'axe z forme un angle φ avec la droite qui joint les électrodes secondaires C, D, c'est-à-dire aussi avec la plaque : alors s'il y a un effet (Hall) Y normal au champ, il en sera utilisée dans la direction AB une composante $Y' = Y \sin\varphi$, qui se manifestera au galvanomètre relié aux électrodes secondaires. Si d'ailleurs il y a aussi l'effet *axial* en question, comme celui-ci est dans une direction $\pm z$, il en viendra utilisée une composante $Z' = Z \cos\varphi$. Si enfin les deux effets coexistent, il y en aura un total représenté par

$$y = Y \sin\varphi + Z \cos\varphi, \tag{1}$$
$$= W \sin(\varphi - \varphi_0). \tag{1'}$$

Par conséquent, l'existence ou l'absence de l'effet axial pourra être



recherchée et contrôlée en mesurant l'effet galvanomagnétique sous des angles φ différents.

Particulièrement remarquables seront les positions suivantes : $\varphi = 0°$, plaque horizontale, effet axial seul; $\varphi = \varphi_0$, effet nul; $\varphi = 90°$, plaque verticale, effet Hall seul; $\varphi = \varphi_0 + 90°$, effet maximum. La droite qui marque la position φ_0 dans laquelle l'effet s'annule pourra être nommée l'*axe d'inversion*, car l'effet change de signe de part et d'autre. Les premières expériences portèrent sur le voisinage de $\varphi = \varphi_0$. Ayant reconnu que pour $\varphi = 0°$ il y avait un effet, je tournais la plaque jusqu'à ce que l'effet disparut; en poursuivant la rotation dans le même sens, l'effet revenait changé de signe. Tout cela étant d'accord avec (1) ou (1'), donnait une bonne preuve de l'existence de l'effet axial, et puisqu'il s'agissait

d'angles $\varphi - \varphi_0$ pas trop grands, la courbe qui représentait y en fonction de φ était bien une droite.

Les mesures étaient faites avec champ et courant primaire constants; mais comme il y avait lieu de considérer les quatre cas possibles $\odot \rightarrow$, $\odot \leftarrow$, $\oplus \rightarrow$, $\oplus \leftarrow$, je fus tout d'abord surpris de remarquer que le point d'inversion dans les deux premiers était différent de celui des deux autres. En poursuivant la recherche, on est forcé de supposer qu'outre les deux effets transversal et axial, qui changent de signe soit avec le courant primaire, soit avec le champ, il y en a un troisième qui ne change pas de signe avec le champ. Il se peut que ce dernier phénomène soit lié à des variations de résistance; mais comme je ne connais pas exactement sa nature, et comme d'ailleurs il s'agit d'un effet qui, d'ordinaire, est petit, par rapport au terme *principal* (transversal + axial), je l'ai appelé *perturbation*.

L'équation de l'effet dans le voisinage de l'axe d'inversion est

$$y = \mathrm{AH}i(\varphi - \varphi_0) - \mathrm{CH}^2 i, \tag{2}$$

où A, C sont des constantes; le terme $-\mathrm{CH}^2 i$ donne la perturbation.

En remontant de l'étude dans le voisinage de $\varphi = \varphi_0$, à l'étude générale, on reconnaît que la perturbation est la même que celle qui produit l'asymétrie bien connue de l'effet Hall par rapport au champ, et qui a été observée pour la première fois par Righi et ensuite constatée généralement. C'est grâce à elle qu'au lieu d'avoir deux sinusoïdes, l'une pour les deux cas $\odot \rightarrow$, $\oplus \leftarrow$, et l'autre pour les deux cas $\odot \leftarrow$, $\oplus \rightarrow$, on en obtient quatre distinctes, deux à deux voisines. Tout sommé, chacune des deux sinusoïdes se dédouble : une des courbes s'obtient de (1) en ajoutant la perturbation, et l'autre en la soustrayant, de sorte que les équations indiquées doivent être corrigées de la manière suivante :

$$y = \mathrm{W}\sin(\varphi - \varphi_0) \pm \frac{\Delta}{2}.$$

Et comme Δ n'est pas une constante, il s'ensuit que le phénomène est représenté par une sinusoïde déformée. On reconnaît ensuite que, tandis que l'effet principal est une fonction périodique à périodique 2π, la perturbation a la période π.

Dans certaines limites d'approximation, j'ai reconnu qu'il subsiste la formule

$$\frac{\Delta}{2} = (a + b\cos 2\varphi)\mathrm{H}^2 i;$$

ainsi le phénomène complexe s'exprime par l'équation

(3) $$y = \mathrm{H}\sin(\varphi - \varphi_0).\mathrm{H}i + (a + b\cos 2\varphi)\mathrm{H}^2 i.$$

(3') $$y = \underset{\text{transversal}}{\mathrm{A'H}i\sin\varphi} + \underset{\text{axial}}{\mathrm{B'H}i\cos\varphi} + \underset{\text{perturbation}}{(a + b\cos 2\varphi)\mathrm{H}^2 i}.$$

Par exemple, avec la plaque de bismuth expérimentée plus longuement, j'ai trouvé (jusqu'à quelques milliers de gauss) :

$$y = h\mathrm{I}\,\mathrm{H}i\sin(\varphi - 15^\circ) + (0,37 + 0,44\cos 2\varphi)\mathrm{H}^2 i,$$

où y est simplement la déviation galvanométrique proportionnelle à l'effet. En discutant les équations supérieures, j'ai retrouvé toutes les particularités constatées dans les expériences, parmi lesquelles celle qui m'a frappé d'abord, et dont j'ai déjà parlé, c'est-à-dire que dans les deux cas ⊙, ⊕, on a *deux* points d'inversion différents. Ces deux points sont (presque) symétriques par rapport à φ_0. Les équations (3), (3'), quoiqu'elles ne puissent pas être considérées comme absolument rigoureuses, rendent bien compte des phénomènes.

Pour illustrer les sujets traités, j'ai donné (*fig.* 2) un des diagrammes expérimentaux.

La différence entre les deux courbes ⊙, ⊕ mesure le double de la perturbation; on voit bien qu'elle se manifeste comme une *harmonique paire* du phénomène principal. Ici l'effet axial est très prononcé, en comparaison de la plaque dont j'ai donné plus haut l'équation. Il est difficile de dire maintenant, avec précision, de quoi dépend cette différence; il est certain que dans ces phénomènes le degré de pureté chimique, la structure cristalline et le procédé thermique par lequel on a obtenu la plaque, outre sa configuration géométrique, jouent chacun son rôle.

D'après les essais que j'ai faits ($\mathrm{H} < 8000$ gauss), φ_0 croît légèrement avec le champ, et comme $\operatorname{tang}\varphi_0$ mesure le rapport entre les deux effets axial et transversal, on en conclut que le premier croît plus rapidement que le second, c'est-à-dire qu'il ne montre pas comme celui-ci une tendance prononcée vers une espèce de saturation.

PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'état critique de l'éther éthylique.* Note de M. **Audant**, présentée par M. Lippmann.

Au cours de recherches sur l'état critique de l'éther éthylique, j'ai mis en œuvre la méthode optique pour étudier spécialement l'opalescence critique

et la variation de la température critique avec la densité de remplissage des tubes.

L'étuve à températures constantes, bain d'air à double circulation et chauffage par le gaz, comportait des enveloppes calorifuges concentriques garnies de terre d'infusoires et de laine minérale. Un régulateur à mercure et à réservoir d'air maintenait constante à un degré près la température de l'enceinte extérieure et compensait les pertes par rayonnement. Avec cet appareil j'ai pu maintenir à 250° la constance de $\frac{1}{20}$ pendant 3 heures.

Le tube laboratoire et le réservoir du thermomètre à mercure étaient placés côte à côte dans l'enceinte intérieure (boîte cubique close, de 20^{cm} d'arête) dont l'air était brassé au moyen d'une hélice. Une pince portait le tube et permettait de le renverser. Des tubes de laiton fermés par des lames de verre mince servaient de fenêtres pour l'éclairage et l'observation par transparence ou par réflexion.

Les tubes de verre blanc, de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre intérieur et de 12^{cm} de longueur, étaient remplis par les procédés de F.-B. Young (¹) ou de Travers et Usher (²). L'éther était desséché et distillé sur du sodium, puis privé des gaz dissous en le congélant dans l'air liquide et en faisant le vide au-dessus pendant le dégel. Ces distillations et les remplissages se faisaient dans un même appareil en verre entièrement soudé, sans robinets ni rodages, et relié à la pompe à vide par une liaison barométrique à mercure. Tous les appareils avaient été lavés et desséchés soigneusement. Le vide était poussé très loin au moyen de charbon de bois plongé dans l'air liquide.

Les observations ont porté sur 13 tubes.

I. *Variations de* T_c *avec le remplissage des tubes.* — Je désigne par T_c la température à laquelle se formait, à l'échauffement, la couche de passage. Je faisais croître la température de 0°,02 par minute et renversais plusieurs fois les tubes avant les lectures.

Pour des remplissages variant de 0,35 $\left(\frac{\rho}{\rho'}\right)$ à 0,59, T_c varie de 192°,8 à 193°,1 en passant par une valeur maximum : 193°,26 pour $\frac{\rho}{\rho'} = 0,53$.

A températures décroissantes, on constate pour T'_c (température d'apparition de la couche de passage) les mêmes variations.

Ces résultats confirment la règle énoncée par M. E. Mathias et dont plusieurs auteurs n'avaient vérifié jusqu'en 1914 qu'une partie, soit la croissance de T_c avec D_m (de Heen), soit la décroissance de T_c pour les grandes valeurs de $\frac{D_m}{\Delta}$ (Battelli). Centnerszwer, dans son Traité de manipulations

(¹) F.-B. Young, *Critical phenomena of ether* (*Phil. Mag.*, t. 6, 1910, p. 20).
(²) Travers et Usher, *Proceed. Roy. Soc. of London*, t. 78, 1906.

de chimie physique (1914) donne des résultats analogues pour le chlorure de méthyle.

Les résultats pour l'éther satisfont à la relation

$$T_c = 190°,22 + 11\,D - 10\,D^2,$$

où D est la densité de remplissage.

II. *Opalescence critique.* — L'opalescence a été étudiée par la méthode indiquée par F.-B. Young, par comparaison directe du tube à éther avec des solutions opalescentes. Parmi les solutions utilisées (lait, absinthe, savon et alcool, essence de citron, précipité de soufre) le lait et l'essence de citron donnent des teintes rappelant exactement celles de l'opalescence de l'éther à sa température critique.

J'ai utilisé deux échelles : l'une de lait (neuf tubes à concentrations variant de 10 à 0,1 pour 100 et l'autre d'essence de citron (2,2 à 0,01 pour 100).

Je faisais croître la température de 0°,1 en 15 minutes et je notais les températures auxquelles l'éther prenait les teintes de l'échelle. J'ai constaté que :

1° A l'échauffement, l'opalescence commence à 0°,5 au-dessous de T_c pour finir à 2°,5 au-dessus.

2° Au refroidissement, l'opalescence commence à 2°,5 au-dessus de T_c pour finir à 0°,55 au-dessous.

Ces résultats confirment l'hypothèse de Smoluchowsky (1912) « the opalescence diminishes more slowly when the temperature rises above the point of separation then when it falls below it ». F.-B. Young a donné comme limite inférieure 0°,5, 0°,6 et comme limite supérieure 3°.

3° En construisant soigneusement par points les courbes d'intensité d'opalescence en fonction de la température, j'ai pu déterminer pour quelques tubes la température du maximum d'opalescence. J'ai constaté que cette température, plus grande que T_c, est fonction du remplissage. L'écart entre T_c et cette température augmente avec la densité de remplissage.

4° L'intensité de l'opalescence augmente avec la densité de remplissage.

5° A températures décroissantes, l'opalescence paraît plus intense qu'à températures croissantes.

Ces résultats feront l'objet d'une étude spectrophotométrique.

PHYSIQUE. — *Le rapport des retards absolus dans le phénomène de Kerr pour différentes longueurs d'onde (cas de la nitrobenzine). Application de la méthode des charges instantanées au sulfure de carbone.* Note de M. **Pauthenier**, présentée par M. J. Violle.

I. Avant de contrôler la généralité des résultats établis pour la nitrobenzine [1], nous avons tenu à rechercher, dans le cas très favorable de ce liquide, si *le rapport des retards absolus dépend de la longueur d'onde.*

Mesures dans le jaune-vert. — Dans nos dernières mesures, nous avons utilisé le filtre Wratten B_1, jaune-vert. Les lames de mica étaient demi-onde pour la longueur d'onde moyenne $\lambda = 0^{\mu},54$.

Pour une durée de charge $\theta = 9{,}2.10^{-6}$ sec, en particulier, nous avons trouvé, comme rapport des retards absolus,

$$\rho = -1{,}99.$$

L'interfrange correspondait alors à 32,5 divisions du tambour; les déplacements des franges étaient : vers le haut du champ,

$$\Delta_2 = +68{,}33 \quad \text{(vibrations parallèles au champ)};$$

vers le bas du champ,

$$\Delta_1 = -34{,}33 \quad \text{(vibrations perpendiculaires au champ)};$$

et la biréfringence totale

$$\frac{68{,}33 + 34{,}33}{32{,}5} = 3{,}16 \text{ interfranges jaune-vert.}$$

Nous avons conservé, pour les mesures suivantes, la même durée de charge.

Mesures dans le rouge. — Le filtre est un filtre Wratten A. Les deux lames sont demi-onde pour la longueur d'onde moyenne $\lambda = 0^{\mu},62$.

Les déplacements moyens observés sont, évalués en divisions du tambour,

$$\Delta_1 = -31{,}5, \qquad \Delta_2 = +63{,}4,$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. **170**, 1920, p. 101 et 803.

D'où le rapport des retards absolus :

$$\rho = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = -2,01.$$

Corrélativement, l'intervalle des franges rouges étant de 34 divisions, nous remarquerons que

$$\frac{63,4 + 31,5}{34} = 2,79 \text{ interfranges rouges.}$$

Mesures dans le bleu. — Le filtre est une cuve remplie d'une solution de sulfate de cuivre convenablement diluée. Le mica est demi-onde pour $\lambda = 0^{\mu},44$ (longueur d'onde moyenne).

Dans des conditions expérimentales identiques aux précédentes,

$$\Delta_1 = -36,5, \qquad \Delta_2 = +73,0, \qquad \rho = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} = -2,00.$$

Comme l'interfrange correspond à 29 divisions du tambour, nous avons cette fois

$$\frac{73 + 37,5}{29} = 3,78 \text{ interfranges bleus.}$$

Ainsi, la lumière passant du rouge au jaune-vert et au bleu, et la différence de marche entre les deux composantes principales de 2,79 à 3,16 et à 3,78 longueurs d'onde, le rapport des retards absolus ρ conserve la même valeur.

En résumé, *le rapport des retards absolus dans la nitrobenzine est égal à* — 2, *quelle que soit la longueur d'onde, pour des durées de charge suffisamment courtes.*

Lorsque la durée de charge croît, le rapport des retards croît légèrement, dans les limites où l'expérience permet de l'étudier.

Ces résultats sont en complet accord avec la théorie de l'orientation moléculaire et avec l'hypothèse d'une variation d'indice par électrostriction.

II. Mesures relatives au sulfure de carbone. — Le sulfure de carbone est près de 100 fois moins biréfringent que la nitrobenzine. En conséquence :

1° Les voltages utilisés sont voisins de 30000 volts. On les réalise commodément à l'aide de deux lampes-valves, isolées, en série. La distance des boules du micromètre est portée à $8^{mm},4$, la longueur de l'étincelle éclairante à $5^{mm},0$.

2° Le condensateur de Kerr est constitué par deux lames de bronze longues de 90^{cm}, distantes de $3^{mm},77$. Leur largeur est de 4^{cm}, leur épaisseur de 8^{mm}.

La cuve est un gros tube de 95^{cm} de long. Les bouts sont rodés, plans et parallèles, ils sont fermés par deux glaces de 4^{mm} d'épaisseur. Le tube est soigneusement protégé contre les variations de température.

Le reste du montage n'est pas changé.

Nous avons fait deux séries de mesures pour de faibles valeurs de la durée de charge θ.

Dans le premier cas, $\theta = 0,65.10^{-6}$ sec. La moyenne des observations donne, mesurés en division du tambour, les déplacements de franges

$$\Delta_1 = -12, \qquad \Delta_2 = +24.$$

D'où le rapport des retards

$$\rho = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = -2,0.$$

L'interfrange (franges jaunes) correspond exactement à 30 divisions du tambour.

Dans le second cas, $\theta = 1,3.10^{-6}$ sec. Les résultats obtenus sont

$$\Delta_1 = -13,5, \qquad \Delta_2 = +37, \qquad \rho = \frac{\Delta_2}{\Delta_1} = -2,0.$$

En dépit des résultats contradictoires trouvés jusqu'ici, tous en désaccord avec la théorie, nous vérifions ainsi que *le rapport des retards absolus dans le sulfure de carbone est égal à — 2 pour des durées de charge suffisamment courtes.*

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la valeur d'usage des combustibles.* Note de M. **Emilio Damour**, présentée par M. G. Charpy.

Lorsque la bombe calorimétrique de Berthelot pénétra dans les laboratoires industriels avec les travaux de Mahler, un grand progrès technique fut réalisé : on avait un moyen d'évaluer facilement et avec précision l'énergie calorifique totale d'un combustible. Beaucoup pensèrent alors qu'on avait aussi le moyen d'estimer la valeur d'achat des combustibles et fréquemment le pouvoir calorifique seul servit de base à cette évaluation.

Le pouvoir calorifique est cependant insuffisant et même inexact pour

définir la valeur d'un combustible parce que l'énergie calorifique n'est jamais utilisée en totalité mais est affectée, à l'usage, d'un coefficient d'utilisation très variable avec les fours et avec la nature du combustible.

Les variations imputables aux fours ont été précisées dans une étude théorique que nous avons faite de l'utilisation maxima des calories dans tous les systèmes de fours et à toutes températures, traduite sous forme d'une échelle des rendements que nous avons publiée dans notre livre *Le chauffage industriel* (¹). Les pertes ainsi calculées sont grandes : elles sont inévitables.

A ces variations théoriques, imputables aux fours, s'ajoutent d'autres éléments pratiques tels que l'excès d'air souvent inévitable, l'impossibilité de faire intégralement les échanges de calories, la dépense d'énergie nécessaire au tirage, etc., qui contrarient la bonne utilisation des calories.

Les variations inhérentes aux combustibles tiennent principalement aux différences de températures de combustion propres à chaque combustible, brûlant à l'air chaud ou froid et eux-mêmes réchauffés ou froids, mais placés dans des conditions identiques pour les combustibles à comparer.

De ces doubles variations, affectant l'énergie utilisable, résulte la nécessité industrielle d'une autre base de mesure que nous avons appelée la *valeur d'usage* des combustibles, notion d'ordre industriel, c'est-à-dire à la fois commercial et technique ; c'est le côté technique que nous envisageons seul ici.

Techniquement, c'est-à-dire au seul point de vue des échanges calorifiques, la valeur d'usage est l'inverse des poids de deux combustibles pouvant se substituer l'un à l'autre pour obtenir dans un four donné la même production, le même effet thermique.

Il est très utile de prévoir et déterminer *a priori*, sans autre essai préalable que des analyses de laboratoire, la valeur de substitution d'un combustible offert en remplacement d'un combustible connu dans un four bien connu.

Pour cela, la méthode la plus sûre est basée sur une étude expérimentale très complète du four où se fait la combustion actuelle suivie d'un bilan; puis reprenant un bilan sur les mêmes données avec le nouveau combustible on calculera de même le rapport des calories devant être utilisées

---

(¹) *Le chauffage industriel et les fours à gaz*. Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences : prix Delalande-Guérineau.

à l'énergie totale, ce qui donnera le nouveau rendement du combustible de substitution.

Nous donnons dans le Tableau ci-dessous le résultat des calculs de valeurs d'usage dans une usine employant quatre combustibles différents : houille crue, gaz de fours à coke, gaz de hauts fourneaux, huiles ou goudrons.

Valeurs d'usage des combustibles d'une usine sidérurgique (rapportées à une puissance calorifique constante).

Fours où le combustible est brûlé.	Houille crue (1).	Gaz de fours à coke.		Gaz de hauts fourneaux.		Goudron.	
	Rendement.	Rendement.	Valeur.	Rendement.	Valeur.	Rendement.	Valeur.
Chaudières	80,1 (2)	89,6	1,11	84,7	1,05	90	1,12
Fours à réchauffer	46,1 (2)	71,4	1,54	57,7	1,25	73,1	1,5
Fours Martin	57,8 (3)	63,4	1,10	68,1	1,18	71,7	1,24
Appareils Cowper	»	85,3	1,09	78,3	1,00	86,1	1,10

Ainsi calculée, la valeur d'usage peut se traduire par la formule

$$\frac{V}{V'} = \frac{PR}{P'R'} = \frac{Pf(\Theta - t)}{P'f(\Theta' - t)}, \tag{1}$$

dans laquelle P est le pouvoir calorifique inférieur;
R le rendement;
V le prix du combustible;
Θ, Θ' les températures de combustion;
t la température de régime;
f une fonction se calculant par les bilans thermiques du four avec les combustibles à comparer.

La formule et la méthode ainsi exposées sont-elles tout à fait complètes au point de pouvoir garantir la concordance entre la valeur d'usage commerciale déterminée *a posteriori* et la valeur d'usage technique calculée *a priori?* Nous ne pouvons l'affirmer et pensons que l'équation (1) demande à être complétée.

La première correction concerne l'influence de la vitesse des échanges sur le rendement.

En effet, la température de combustion agit sur la rapidité des échanges :

(1) Le combustible cru est un bon charbon de Cardiff.
(2) Sur grille avec 100 vol-mol d'air en excès.
(3) Le charbon employé en gazogènes.

plus cette température s'élèvera, plus s'accélérera le chauffage dans le laboratoire. Or toute accélération des échanges tend à diminuer le temps d'une opération industrielle thermique et les pertes par rayonnement qui sont proportionnelles au temps, d'où amélioration certaine du rendement; c'est un second terme en $(\Theta - t)$ de notre équation qui sera donc du second degré par rapport à la température de combustion. Ce terme correctif remarquons-le, ne fera qu'accentuer les différences de notre premier Tableau et ne retire rien de sa valeur. On peut le calculer arithmétiquement en admettant que pour un four construit pour une circulation donnée de gaz le volume des produits de combustion reste invariable par unité de temps, de sorte que le laboratoire absorbera nécessairement par unité de temps toutes les calories contenues dans cette massé gazeuse entre les températures Θ et t. On aura ainsi par unité de volume des fumées la mesure de l'accélération du chauffage et la réduction inversement proportionnelle des pertes par rayonnement, et comme ces pertes par rayonnement sont connues par le bilan général du four, le calcul du boni se fera sans difficulté.

D'autres éléments interviennent encore dans le calcul complet de la valeur d'usage, difficiles à mettre en équation, mais trop importants pour être négligés : ce sont ceux qui tiennent à la nature du combustible (solide, liquide ou gazeux) et aux différences qui en résultent dans les frais de chauffage : nous les réunirons en un terme nnique M représentant tous les frais comparés de manutention, gazéification, pulvérisation, décrassage, conduite des feux.

Nous arrivons ainsi à l'équation définitive

$$V = Pf(\Theta - t)[1 + a(\Theta - t)] \pm M.$$

Pratiquement on déterminera le premier terme par le bilan, le second terme [du second degré en $(\Theta - t)$] par un calcul du rayonnement proportionnel au temps de chauffe, le dernier par une évaluation des frais de traitement dont le praticien est le meilleur juge.

Il était intéressant d'adopter une forme algébrique pour montrer l'importance du coefficient de réduction que doit subir à l'usage le pouvoir calorifique et l'influence au second degré de la température de combustion à laquelle on n'attache généralement pas assez d'importance dans l'appréciation de la valeur d'un combustible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application à l'étude des sels doubles d'une méthode nouvelle d'analyse physico-chimique.* Note (1) de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Henry le Chatelier.

J'ai, dans des Communications antérieures (2), exposé le principe d'une méthode de volumètrie physico-chimique, basée sur l'observation de la température de miscibilité des solutions avec un liquide invariable, le phénol en l'objet. Il était naturel de penser à appliquer ce procédé à l'étude des sels doubles en solution. Il suffit, en effet, de mêler en proportions connues des liqueurs titrées des deux sels, et de suivre les variations de la température de miscibilité d'un volume fixe de la liqueur ainsi préparée avec un égal volume de phénol.

Mes premières recherches portent sur un certain nombre de sulfates.

J'ai préalablement vérifié que, pour des solutions assez diluées d'un seul corps, les températures de miscibilité varient très approximativement suivant une loi linéaire en fonction de la concentration.

Si d'autre part on étudie les liquides obtenus en mélangeant, en proportions variables, des solutions de sulfates différents, deux cas distincts peuvent se présenter :

Pour certains couples (sulfate de potassium-sulfate de sodium, sulfate de sodium-sulfate d'ammonium), les températures de miscibilité peuvent se déduire très approximativement de deux d'entre elles par la règle d'additivité. Pour d'autres, au contraire (sulfate de zinc-sulfate de potassium, sulfate de magnésium-sulfate de potassium, sulfate d'aluminium-sulfates alcalins, etc.), on observe des écarts assez importants, supérieurs en tous cas aux erreurs d'expérience entre les températures calculées et les températures observées.

On a inscrit dans les Tableaux suivants les résultats relatifs à un certain nombre de couples de solution entrant dans l'une ou l'autre de ces deux catégories.

---

(1) Séance du 7 juin 1920.

(2) R. Dubrisay, Toquet et Tripier, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1036; t. 168, 1919, p. 56. — R. Dubrisay et Toquet, *Bulletin de la Société Chimique de France*, 9 mai 1919.

TABLEAU I.

Mélange de deux liqueurs décinormales de sulfate de soude et de sulfate de potasse.

x = volume de la solution de sulfate de soude,
$100 - x$ = volume de la solution de sulfate de potasse.

x.	T_0.	T_c.	e.
0	82,70	82,70	»
25	83,40	83,62	−0,22
50	84,50	84,55	−0,05
75	85,50	85,47	+0,03
100	86,40	86,40	»

TABLEAU II.

Mélange de deux liqueurs à 0^{mol},0666 *par litre de sulfate de zinc et de sulfate de potasse.*

x = volume de la liqueur de sulfate de potasse,
$100 - x$ = volume de la liqueur de sulfate de zinc.

x.	T_0.	T_c.	e.
0	88,40	88,40	»
20	85,45	86,33	−0,88
40	82,80	84,26	−1,46
50	81,55	83,27	−1,72
60	80,95	82,49	−1,54
80	79,20	80,12	−0,92
100	78,05	78,05	»

TABLEAU III.

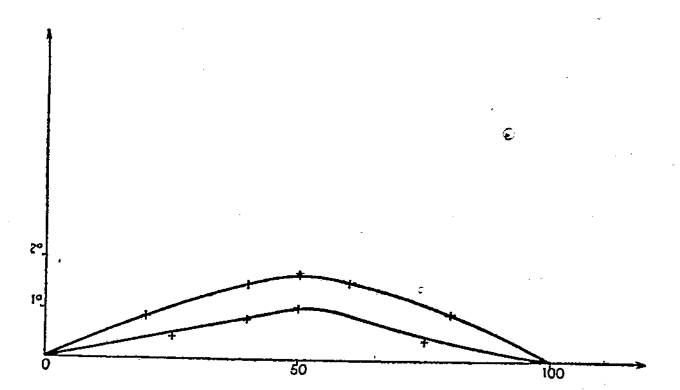
Mélange de deux liqueurs à 0^{mol},050 *par litre de sulfate de zinc et de sulfate de potasse.*

x = volume de la liqueur de sulfate de potasse,
$100 - x$ = volume de la liqueur de sulfate de zinc.

x.	T_0.	T_c.	e.
0	82,40	82,40	»
25	80,00	80,45	−0,45
40	78,45	79,28	−0,83
50	77,45	78,50	−1,05
75	76,20	76,55	−0,35
100	74,60	74,60	»

Les écarts notables et systématiques entre les températures observées

et les températures calculées, se manifestent pour des couples susceptibles de donner naissance à des sels doubles. En ce qui concerne le système sulfate de potassium-sulfate de zinc, j'ai représenté graphiquement (*fig.* 1)



les résultats inscrits dans les Tableaux II et III en adoptant un système de coordonnées indiqué dans un Mémoire récent par MM. Urbain et Cornec (1) : la composition des liqueurs est portée en abscisses, les écarts de températures en ordonnées. La courbe passe par un maximum correspondant au mélange équimoléculaire, et ceci aussi bien pour des solutions à $0^m,066$ que pour les solutions à $0^m,050$. Ce fait laisse présumer que le sulfate double de la série magnésienne $SO^4Zn, SO^4K^2 6H^2O$, ou plus exactement qu'une combinaison équimoléculaire des deux sulfates existe en solution dans les conditions de mes expériences.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Production de carbures acétyléniques vrais à partir de l'épidibromhydrine.* Note de MM. **Lespieau** et **Bourguel**, présentée par M. Haller.

Parmi les quelques modes généraux de préparation des carbures acétyléniques vrais, le plus ancien est celui qui utilise l'action de la potasse alcoolique sur les dérivés dihalogénés provenant de l'attaque des aldéhydes, ou des cétones du type $RCOCH^3$, par le pentachlorure ou le pentabromure de phosphore.

Bien que l'emploi des méthodes catalytiques ait facilité l'obtention des

(1) Urbain et Cornec, *Bulletin de la Société chimique de France,* 4e série, n° 4, avril 1919.

aldéhydes et des cétones, ces corps ne sont pas toujours très accessibles. Or nous avons observé que l'épidibromhydrine α, $CH^2Br.CBr = CHBr$, réagit à froid sur les dérivés magnésiens mixtes donnant ainsi les composés du type $CH^2 = CBr.CH^2.R$ qui par ce procédé deviennent assez faciles à préparer. L'attaque de ces derniers par la potasse alcoolique fournit les mêmes composés acétyléniques que l'attaque des dérivés halogénés obtenus en partant des cétones mentionnées plus haut.

Mais cette attaque est habituellement accompagnée d'une migration de la triple liaison, le carbure est alors souillé par la présence de ses isomères en quantité plus ou moins grande, parfois même il a complètement disparu. Aussi nous a-t-il paru préférable de fixer deux atomes de brome sur les composés $CH^2 = CBr.CH^2.R$, puis d'ajouter au tribromure ainsi formé un atome de sodium dissous dans l'alcool à 95°, ce qui conduit au dibromure $CHBr = CBr.CH^2R$, que l'on traite ensuite par la poudre de zinc en présence d'alcool à 95°. Il ne reste plus qu'à séparer de l'alcool le corps acétylénique qui s'est formé.

Voici à titre d'exemple l'application de cette méthode à la préparation du pentine normal $CH \equiv C.CH^2.CH^2.CH^3$.

L'action de l'épidibromhydrine sur le bromure d'éthylmagnésium fournit le bromobutène $CH^2 = CBr.CH^2.CH^2.CH^3$, liquide bouillant à 107°-108° sous la pression normale, de densité 1,277 à 0° (dosage de brome 54,00 pour 100, poids moléculaire par cryoscopie acétique 151). Bruylants (1) avait, pour ce corps, obtenu à partir de la méthylpropylcétone, indiqué comme point d'ébullition le nombre 122°-123°.

La fixation de brome sur le corps précédent donne un tribromure

$$CH^2Br.CBr^2.CH^2.CH^2.CH^3,$$

bouillant à 108°-109° sous 17^{mm} et de densité 2,03 à 0° (brome pour 100, trouvé 78,23).

L'attaque de ce tribromure par l'alcool sodé conduit au dibromure

$$CHBr = CBr.CH^2.CH^2.CH^3,$$

liquide incolore passant à 66°-67° sous 19^{mm}, et distillant légèrement jaune à 169°-170° sous la pression normale; sa densité à 0° égale 1,73 (dosage de brome 69,84 pour 100, poids moléculaire par cryoscopie acétique 226). Bruylants, pour le même bromure obtenu en fixant deux atomes de brome

(1) Bruylants, *Berichte*, t. 8, p. 411.

sur le pentine 1, indique un point d'ébullition de 190° sous la pression ordinaire, chiffre peu vraisemblable, vu les points d'ébullition des homologues.

Enfin l'attaque du dibromure précédent par la poudre de zinc et l'alcool a donné le pentine $CH \equiv C.CH^2.CH^2.CH^3$, qui s'est séparé presque pur à la première distillation, et dont on a retrouvé une faible quantité dans les têtes de l'alcool qui a passé ensuite. A la seconde distillation le carbure a passé totalement à 40°. Il précipite bien le chlorure cuivreux ammoniacal et le nitrate d'argent alcoolique; le précipité cuivreux traité par l'iode donne un triodure liquide.

Nous avons vérifié que la méthode précédente s'appliquait à d'autres exemples.

GÉOLOGIE. — *Remarques sur le rôle des décrochements dans la tectonique de la Côte-d'Or.* Note de M. E. **Chaput**.

Les terrains jurassiques de la Côte-d'Or sont divisés, par de nombreuses failles, en voussoirs dont les déplacements relatifs dans le sens vertical ont été souvent étudiés [G. de Nerville, Collot ([1]), etc.]. Mais, outre ces mouvements verticaux, il existe de remarquables translations horizontales ou obliques; on peut citer entre autres les deux exemples suivants :

1° La région de Mâlain (20km ouest de Dijon) montre dans sa partie Nord une série de voussoirs limités par des failles orientées sensiblement Nord-Sud. La faille principale, de Pange à Baulme-la-Roche, met en contact le « calcaire à gryphées » avec le « calcaire à entroques ». Au Château de Mâlain, cette faille est brusquement rejetée de quelques kilomètres vers l'Ouest et reprend ensuite, de Mesmont à Remilly, la direction Nord-Sud. De même les failles Nord-Sud passant légèrement à l'ouest du Signal de Mâlain subissent, au sud-ouest du Signal, un décrochement avec étirement des voussoirs, et redeviennent Nord-Sud près de la colline de Perrigny et de Prâlon. Enfin le voussoir du Signal de Mâlain, effondré au sud de la faille Mâlain-Lantenay, est en même temps rejeté vers l'Ouest et forme au Mont Chauvin la région d'affaissement maximum de ce remarquable champ de fractures, entourée par une zone étroite

([1]) Voir les Cartes géologiques au $\frac{1}{80000}$ de la Côte-d'Or (G. de Nerville, avec explication : Imprimerie impériale, 1853), les feuilles Dijon et Beaune de la Carte géologique de France (légendes et notes au *Bull. Serv. Carte géol.*, par L. Collot, t. 6 à 21, 1894 à 1911), la Carte géologique de la Côte-d'Or au $\frac{1}{320000}$ par L. Collot (avec Notice dans la *Revue bourguignonne* publiée par l'Université de Dijon, t. 21, n° 4, ou avec *Esquisse géologique de la Côte-d'Or* dans l'Ouvrage : *Dijon et la Côte-d'Or en* 1911, 40e *Congrès de l'A. F. A. S. Dijon,* 1911, t. 1, p. 61-99).

d'assises fortement plongeantes, à la Serrée de Prâlon comme au petit tunnel de Mâlain. Le décrochement vers l'Ouest est, en somme, général pour toute la partie du champ de failles située au sud d'une ligne Mesmont-Mâlain-Lantenay.

2° Entre Gémeaux et Pichanges (16^{km} nord-est de Dijon), un dôme anticlinal montre, sur son flanc sud, au-dessus de la « dalle nacrée » callovienne, une série d'assises (Oxfordien à Virgulien) plongeant au Sud vers la dépression synclinale Spoy-Tanay (Portlandien et Crétacé). Entre Pichanges et Norges, ce flanc sud subit un remarquable décrochement vers le Sud-Ouest. On retrouve, de la source du Gueux vers les baraques de Marsannay et au delà, la même série de terrains (Oxfordien à Virgulien) plongeant vers la dépression de Norges, limitée également vers l'Ouest par des terrains à fort plongement. La ligne de décrochement, qui suit à peu près la voie romaine, met en contact d'un côté le Virgulien de Norges, de l'autre les Sables albiens (très épais : 15^{m} au moins) et les conglomérats oligocènes. Au sud de Norges-le-Pont, cette faille post-oligocène paraît bien se prolonger par celles de la gare de Dijon et de la côte entre Dijon et Nuits qui sont également post-oligocènes; entre Norges et Dijon, l'Astartien des nouvelles carrières au nord-est de la Charmette est fortement disloqué à son contact; elle est cause aussi sans doute de la dénivellation subie par l'Oligocène à l'est du Signal d'Asnières.

L'ensemble des observations, dont quelques-unes sont résumées ci-dessus, amène aux conclusions suivantes :

Après l'Oligocène à *Helix Ramondi*, la Côte-d'Or a été sommairement fragmentée en deux tronçons séparés par une ligne orientée du Sud-Ouest au Nord-Est sur une trentaine de kilomètres, des environs de Sombernon (Mesmont) à ceux d'Is-sur-Tille (Pichanges). La région située au sud de cette ligne a été à la fois affaissée et rejetée vers l'ouest. Le compartiment décroché est limité à l'Est par une autre faille avec décrochement s'étendant de Pichanges à Norges et probablement vers Dijon et Nuits. Ces décrochements sont dus apparemment à des poussées venues du Sud-Est. On ne peut qu'être frappé des analogies qu'ils présentent avec les décrochements du Jura au moment des plissements miocènes *alpins*. On sait, par exemple, que les plis Nord-Sud du Vignoble, au nord de Salins, subissent près de cette ville un décrochement vers l'ouest, le long de l'*ondulation transversale* (1) (Fournier) s'étendant du Sud-Ouest au Nord-Est par Salins et Mouthier. On retrouve, en somme, de part et d'autre de la dépression

(1) Voir sur les *Failles courbes* de Salins, outre la Note de Marcel Bertrand, *Failles de la lisière du Jura* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, t. 10, 1882, p. 114-127), les *Etudes sur la tectonique du Jura franc-comtois*, par E. Fournier (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 1, 1901, et t. 4, 1904) et la Note de M. Piroutet, *Sur l'existence de dépôts du Tertiaire moyen dans les environs de Salins et sur la tectonique de cette région* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, t. 18, 1919, p. 248-256).

bressane, les mêmes phénomènes tectoniques; il y a bien, à mesure qu'on s'avance vers le Sud-Est, une intensité de plus en plus grande des plissements *alpins*, devenus parfois, dans le Jura, de véritables chevauchements, tandis que les plis de la Côte-d'Or sont des ondulations à grande courbure, comme les dômes anticlinaux et les dépressions synclinales indiquées plus haut, mais les décrochements vers l'Ouest existent dans les deux régions, et ils existent par suite aussi dans la région intermédiaire, dans la Bresse. Il est probable que la direction primitive des synclinaux houillers hercyniens a été modifiée par ces mouvements *alpins;* les bandes houillères, sous la Bresse, sont sans doute orientées maintenant à peu près suivant la direction Nord-Sud et limitées par des lignes de décrochement [1].

GÉOLOGIE. — *Sur les mouvements des mers à la limite du Permien et du Trias dans les géosynclinaux de l'Eurasie.* Note de M. **Pierre Bonnet**, présentée par M. Émile Haug.

Mes recherches en Arménie m'ont permis de constater dans cette région l'existence d'une transgression permo-triasique débutant avec les couches à *Productus* et atteignant son maximum au Trias inférieur.

Mais cette transgression ne se déroule pas de façon régulière et continue : partout où j'ai pu observer des formations de cet âge, il existe, au milieu du processus d'approfondissement entraînant la transgression, *un court phénomène de sens inverse déterminant une tendance à l'émersion à la limite même des deux périodes;* et *cette fluctuation est d'autant plus accentuée que l'on s'approche davantage des bords du géosynclinal arménien.* Ainsi, au centre du géosynclinal, à Oghbin, elle est peu accusée par 2^m de couches à Zoanthaires, tandis que sur son bord méridional, à Djoulfa, elle se traduit par une dizaine de mètres de formations analogues, indiquant un arrêt de la transgression, et plus à l'Ouest, vers la terminaison occidentale du géosynclinal, près du rebroussement de l'Ararat (arcs taurique et iranien), une émersion se manifeste par l'absence des couches inférieures du Werfénien.

---

[1] Dans une Note récente [*Chenal houiller du Plateau Central* (*Compte rendu sommaire Soc. géol. Fr.*, 1920, p. 73-75)], M. Delafond a été conduit à admettre des modifications de la direction des plis hercyniens sous l'influence des plissements alpins, par *refoulement de la courbe normale primitive* armoricaine-varisque. Les remarques faites ici sur la tectonique des bordures de la Bresse aboutissent, par une voie différente, à des conclusions assez analogues à celles de M. Delafond.

Si, par un examen stratigraphique et paléontologique, on compare les formations du Permien et du Trias d'Arménie avec celles du géosynclinal indien, on constate dans ce dernier une succession de faits analogues : la transgression y débute avec les schistes et calcaires à *Productus*, se développe au Permien supérieur, et arrive à son maximum au Trias inférieur. Mais, ici encore, et au même moment, une fluctuation de sens inverse se produit. Ce mouvement, de peu d'importance au centre du géosynclinal (Spiti, Niti), s'y traduit simplement par la présence d'un lit de Lamellibranches intercalé au milieu des couches à Ammonoïdés; au même moment, dans la Salt Range, qui peut être considérée comme le bord méridional du géosynclinal himalayen, on peut remarquer une interruption de la transgression : la zone à *Euphemus*, dont la faune doit être déjà vraisemblablement attribuée au Trias inférieur ([1]), indique, en effet, une diminution de profondeur, et Waagen signala même en certains points une émersion avec un conglomérat marquant le début du Trias. Enfin, vers l'Ouest, dans le Kachmir, au voisinage du rebroussement du Pamir, même absence des couches initiales du Trias.

Les deux régions se comportent donc exactement de la même façon, avec cette différence que la tendance à l'émersion à la limite du Permien et du Trias se manifeste plus nettement en Arménie qu'en Inde.

C'est-à-dire que, en partant de l'Himalaya, le phénomène est plus accentué à l'Ouest qu'à l'Est. Et ceci peut être vérifié bien au delà, en poursuivant vers l'Ouest l'examen de la bande isopique du géosynclinal himalayen-arménien-alpin. En effet, en Albanie, la base du Trias inférieur manque; dans les Alpes du Tyrol, la même lacune est bien accentuée, et sur les calcaires à Bellérophons le système débute par la transgression du conglomérat de Seis. Il semble d'ailleurs que, inversement, en partant de l'Himalaya vers l'Orient, la même remarque puisse être faite pour les couches à *Xenodiscus* de l'Indo-Chine, ainsi que pour celles de l'Oussouri, qui sont à synchroniser avec celles de Seis.

([1]) Le sommet des couches de Tchidru contient en effet des Lamellibranches qui se rapprochent, d'une part, des *Pseudomonotis* du niveau à *Ps. Griesbachi* de l'Himalaya, et, par conséquent, de ceux du Werfénien alpin, et, d'autre part, de ceux des couches à Lamellibranches du Trias arménien. C'est d'ailleurs en partie grâce à cette ressemblance que, dans la gorge de Djoulfa, Frech et Arthaber homologuèrent aux *Tchidru beds* supérieurs ces dernières couches que j'ai démontré postérieurement appartenir au Trias [P. Bonnet, *Note préliminaire sur la Constitution géologique de la gorge de Djoulfa et de ses environs* (*B. S. G. F.*, 1912, p. 317)].

En résumé, dans toutes les régions géosynclinales permo-triasiques de l'Eurasie, la base du Trias inférieur n'est actuellement connue que dans l'Himalaya et en Arménie; dans ces deux points, il existe à ce moment une légère tendance à l'émersion, et dans d'autres parties des mêmes géosynclinaux, ce phénomène a pour conséquence une lacune stratigraphique. Entre ces deux extrêmes on remarque des intermédiaires, et en groupant les diverses observations on voit que *la fluctuation régressive qui se produit à la limite du Permien et du Trias est minima dans l'Himalaya, qui paraît être le centre du géosynclinal de l'Eurasie, et qu'elle augmente à mesure qu'on se rapproche de son extrémité occidentale*, c'est-à-dire vers les Alpes, et vraisemblablement aussi de son extrémité orientale, c'est-à-dire vers l'Indo-Chine et la région de l'Oussouri.

Or, on sait que les modifications paléontologiques sont la conséquence des variations bathymétriques, et que les changements biologiques sont d'autant plus profonds, les faunes apparaissent d'autant plus *cryptogènes*, que les mouvements ont été plus prononcés.

C'est pourquoi on assiste à une véritable arrivée cryptogène d'Ammonoïdés triasiques dans les Alpes, où une importante lacune s'est produite à la base du Trias. C'est également pourquoi, si l'on considère l'Himalaya, où, par contre, comme je l'ai montré, la fluctuation a été si légère, on y constate un passage insensible du Permien au Trias. Aussi la limite entre les deux systèmes, nette dans le premier cas, a-t-elle été fort discutée dans le second.

Et la région arménienne, intermédiaire entre les deux précédentes, nous fournit un repère efficace pour préciser cette délimitation, parce que le mouvement qui s'y est produit a été suffisant pour amener un changement radical de la faune, sans toutefois que son ampleur allât jusqu'à entraîner une lacune stratigraphique.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'aéroplane et la grêle.* Note de **G.-M. Stanoiévitch**, présentée par M. B. Baillaud.

Vers la fin du siècle dernier, on discutait beaucoup dans le monde scientifique sur l'efficacité des tores gazeux envoyés dans les nuages à grêles par des tirs des canons grandinifuges. On citait des cas où ces tirs ont eu une action positive indiscutable, tandis que, de l'autre côté, les cas d'inefficacité de cette action étaient très nombreux. Cette controverse a été suffisam-

ment expliquée par des recherches de MM. Pernter, directeur de l'Observatoire météorologique de Vienne, et Trabert [1], qui ont démontré que la hauteur du projectile gazeux, dans les cas les plus favorables, ne dépassait pas 400^m.

Il va sans dire que, pour tout phénomène météorologique, ainsi que pour la formation de la grêle, un état d'équilibre moléculaire doit être réalisé, pour que ce phénomène puisse se produire. Quel est cet état d'équilibre, pour chaque phénomène spécial, nous ne le connaissons pas. Nous pouvons dire seulement, que des conditions spéciales, dépendant de la tension de la vapeur d'eau, de température, de tranquillité ou mobilité de l'air, de tension électrique, de configuration du terrain, etc., doivent se trouver simultanément réalisées pour donner naissance à l'un ou l'autre phénomène météorologique. Certainement pour la pluie, par exemple, ces conditions ne sont ni trop nombreuses ni difficiles à se produire; au contraire, pour la grêle, ces conditions spéciales sont, probablement, plus nombreuses, plus compliquées et plus difficiles à se produire au même moment, ce qui explique d'abord la rareté de ce phénomène en général ainsi que sa fréquence plus ou moins grande dans certaines contrées et l'absence, presque complète, dans les autres. Ces faits nous autorisent à supposer que certaines contrées peuvent servir comme points de départs ou centres des formations et des naissances de germes des nuages à grêle, lesquels, partant de ces contrées, se développent et se propagent dans des directions plus ou moins déterminées.

L'idée de combattre la grêle, c'est-à-dire d'empêcher la réalisation de toutes ces conditions simultanées pour la formation de la grêle, était toute naturelle. Etant intéressé de la question à cette époque, nous avons fait la proposition suivante :

« Le tore gazeux, envoyé de la surface de la Terre, arrive dans le nuage quand il est déjà presque au bout de ses forces et ses effets ne peuvent pas être considérables, au moins dans beaucoup de cas. Il nous semble préférable de provoquer une forte vibration aérienne dans les hauteurs de placer la source qui produit les perturbations dans le sein même du nuage ou à peu près. Pour cela, il faudrait attacher soit à un cerf-volant (semblable à ceux qui sont employés dans la météorologie moderne pour le sondage de l'air), soit à un ballon captif, une forte sonnerie ou sirène électrique, à son grave ou aigu, et produire dans le nuage lui-même des

---

(1) Pernter und Traber, *Untersuchungen über das Wetterschiessen*. Wien, 1900.

vibrations aériennes beaucoup plus fortes que celles qui sont apportées par les tores... ([1]). »

Poursuivant la même idée, nous trouvons que ces méthodes sont trop rudimentaires ou trop peu pratiques et efficaces, comparées aux moyens dont nous disposons aujourd'hui dans les aéroplanes. Car l'action de l'aéroplane est double.

Si l'on admet qu'un tore gazeux, produit par un canon à la surface de la Terre, pourrait produire une perturbation suffisante dans certains cas, pour empêcher la formation de la grêle, le bruit, c'est-à-dire une très grande série de tores gazeux, produite par la rotation de l'hélice dans les nuages mêmes, aura une action, incomparablement plus efficace pour empêcher toute stabilisation des conditions spéciales, nécessaires pour la formation de la grêle.

La désagrégation de l'équilibre moléculaire déjà complète par l'action vibratoire de l'hélice, à laquelle on peut ajouter, si l'on veut, des coups de canon tirés de l'aéroplane, sera parachevée, pour ainsi dire, par la seconde action de l'aéroplane : par son action mécanique, par son déplacement matériel dans le sein des nuages.

De l'explication de l'action double de l'aéroplane contre la grêle, il ne faut pas conclure que le pilote, avec son appareil, doit entrer en lutte directe contre le nuage à grêle; cette lutte serait non seulement dangereuse à cause des décharges électriques, mais elle serait en même temps inefficace, arrivant trop tard quand les grêlons sont déjà formés. L'action de l'aéroplane doit être préventive et entreprise à temps pour détruire les germes et empêcher la formation des nuages à grêle.

Par conséquent, pour se défendre contre la grêle, un service d'aéroplanes doit être organisé dans les contrées fréquentées par ce fléau. La chute de la grêle étant un fait terminal d'une ou plusieurs journées chaudes, sèches et surtout calmes, l'action des aéroplanes consistera principalement à déranger et détruire ce calme caractéristique et, pour ainsi dire, indispensable pour la naissance et le développement d'un nuage à grêle, par leur parcours en des intervalles plus ou moins espacés.

Étant donnée la facilité avec laquelle on peut monter en aéroplane dans les nuages les plus hauts et parcourir de très grands trajets dans leur sein, on pourra peut-être poser la question suivante : N'est-il pas arrivé le moment où l'Homme pourra collaborer avec la Nature pour la confection du temps?

([1]) G.-M. Stanoïévitch, *Méthode électro-sonore pour combattre la grêle* (*Comptes rendus*, t. **133**, 1901, p. 373).

BOTANIQUE. — *Sur la structure anatomique des tubercules des Ophrydées.* Note de M. **Nobécourt**, transmise par M. Guignard.

Des opinions très diverses ont été émises au sujet des tubercules des Ophrydées. En particulier, Irmisch les considérait comme résultant de la concrescence de plusieurs racines adventives, tandis qu'au contraire Prillieux pensait que chaque tubercule est formé par une seule racine adventive. A la suite d'une étude anatomique succincte, Morot, en 1882, conclut à l'exactitude de la théorie de la concrescence qui, dès lors, devint classique.

Cependant, en 1907, J.-H. White démontra, par l'étude anatomique des tubercules d'Ophrydées américaines, que ces organes devaient être regardés comme étant des racines adventives polystéliques. Plus récemment, Stojanow (¹), examinant des espèces européennes, arrive à la même conclusion. En outre, il croit trouver dans le *Platanthera bifolia* un type primitif où subsiste dans le tubercule les vestiges de la stèle unique qui, en se divisant, donne naissance aux nombreuses stèles.

Nous avons abordé cette question à notre tour et nous allons résumer les résultats que nous a fournis l'étude des organes souterrains de diverses espèces d'Ophrydées indigènes.

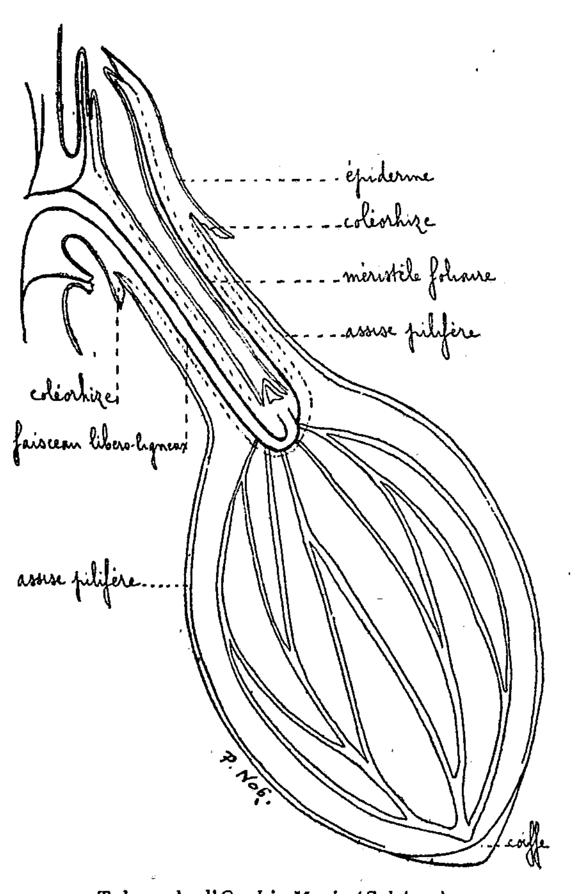
Tout d'abord, nous avons examiné la structure du pédicule qui relie à la tige mère le tubercule en voie de formation, pédicule qui, parfois extrêmement court, peut atteindre chez certaines espèces (*Serapias*, par exemple) une longueur relativement considérable. Cette étude, négligée jusqu'ici par les auteurs, montre que ce pédicule, dans les espèces à tubercules indivis analogues à ceux de l'*Orchis Morio*, a une organisation très complexe, résultant de la concrescence d'un rameau avec une feuille et avec les tissus corticaux de la racine adventive dont la partie inférieure constitue le tubercule.

De plus, le système vasculaire du rameau qui participe à la constitution du pédicule, présente le plus souvent la structure appelée *schizostélique* par Van Tieghem, c'est-à-dire que les faisceaux libéroligneux sont entourés chacun d'un endoderme particulier. Souvent, cependant, deux ou plusieurs faisceaux sont groupés à l'intérieur d'un même endoderme, ce qui indique une tendance vers la polystélie. Enfin, nous avons trouvé exceptionnelle-

(¹) *Ueber die vegetative Fortpflanzung der Ophrydineen* (*Flora*, 1916).

ment (chez certains individus de *Serapias cordigera*), tous les faisceaux entourés par le même endoderme, c'est-à-dire, la monostélie.

Dans les espèces à tubercules palmés, telles que *Orchis maculata*, *O. latifolia*, *Gymnadenia conopsea*, *G. albida*, le pédicule se réduit à un très court entre-nœud de rameau à *structure schizostélique*.



Tubercule d'*Orchis Morio* (Schéma).
Les traits forts représentent les faisceaux libéroligneux; les doubles traits, les stèles à structure alterne. Les pointillés indiquent les limites des divers organes concrescents.

La partie supérieure du tubercule des Ophrydées, est formée par la concrescence de tissus de nature caulinaire (cylindre central à structure normale) et de tissus de nature radicale (écorce d'origine endogène pourvue d'une assise pilifère). Mais les parties moyennes et inférieure du tubercule, c'est-à-dire la majeure partie de sa masse, doivent être considérées comme formées *par une seule racine adventive polystélique*. En effet, les tubercules

d'Ophrydées ne peuvent être considérés comme formés de plusieurs racines concrescentes par leurs écorces, comme on l'admet généralement, car leurs stèles se bifurquent, s'anastomosent et finalement se fusionnent vers la partie inférieure du tubercule, s'il est entier, tandis que, s'il est palmé, cette fusion des stèles s'effectue dans chaque digitation, de telle sorte que la partie inférieure de chaque digitation ne renferme également qu'une seule stèle.

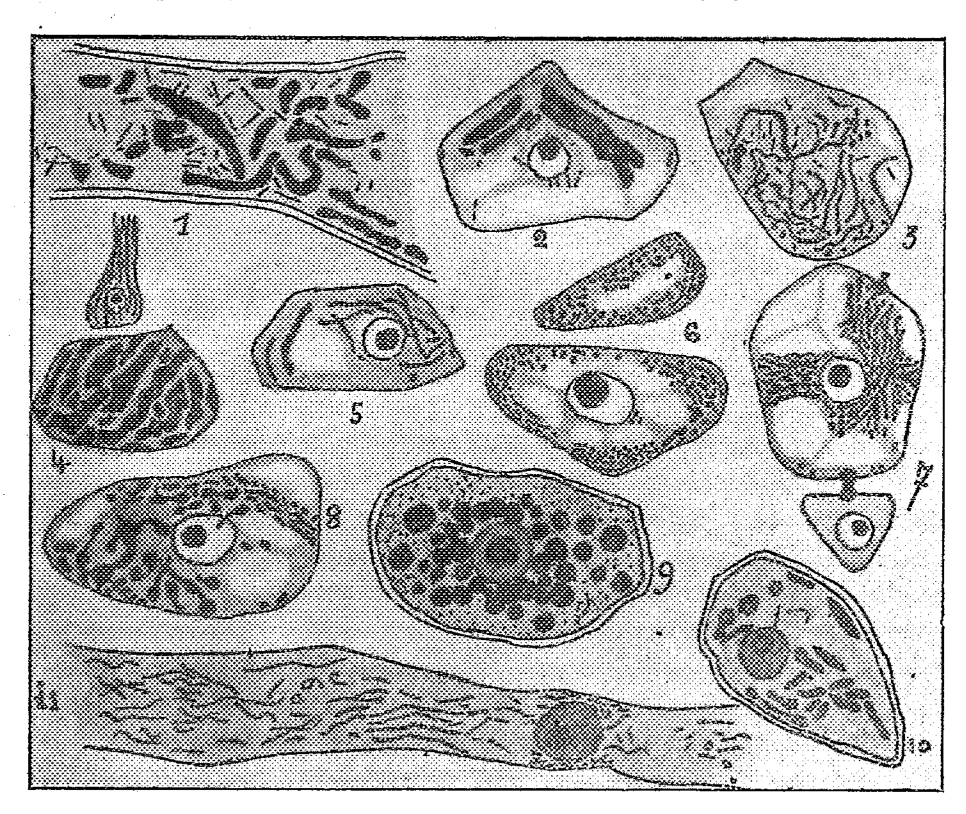
Remarquons que le tubercule du *Platanthera bifolia* ne se distingue par rien d'essentiel de ceux des autres Ophrydées que nous avons examinées. La stèle que Stojanow trouve dans la partie supérieure du tubercule de cette espèce, qu'il décrit comme présentant une disposition du bois et du liber intermédiaire entre la disposition alterne et la disposition concentrique et considère comme un vestige de la stèle unique primitive donnant, par sa fragmentation, les multiples stèles du tubercule, n'est que la stèle caulinaire qui, continuant le système vasculaire du pédicule et se dirigeant vers la tige aérienne, existe dans la partie supérieure des tubercules de toutes les espèces.

BOTANIQUE. — *Sur l'évolution des chromatophores et le chondriome chez les Floridées*. Note de M. G. Mangenot, présentée par M. L. Mangin.

Les chromatophores des Floridées nous sont surtout connus grâce aux travaux de Schmitz et de Schimper. Ces savants ont fait ressortir les variations importantes que subissent les rhodoplastes au cours de l'ontogenèse. Mais leurs observations, faites il y a longtemps au moyen d'une technique rudimentaire, posent le problème de l'évolution des plastes plutôt qu'elles ne le résolvent. Un travail cytologique précis s'imposait donc; nous l'avons tenté et nous apportons ici, comme premier résultat, une étude à ce point de vue de la famille des Lémanéacées (sous-genres *Lemanea* et *Sacheria*).

Le cycle évolutif des Lémanéacées comporte un assez grand nombre de stades. Nous envisagerons d'abord l'appareil fructifère. Cet organe, dont l'aspect toruleux est caractéristique, consiste en un tube creux entouré d'une paroi épaisse; son axe est occupé par une ou plusieurs files agglomérées d'éléments allongés; il s'édifie aux dépens d'une cellule apicale hémisphérique qui renferme quelques petits rhodoplastes arrondis. Au fur et à mesure que l'on descend vers des régions plus différenciées, on voit ces

rhodoplastes se modifier : ils s'allongent, se ramifient souvent pour prendre l'aspect de rubans simples ou bifurqués, de dimensions diverses; les plus trapus (*fig.* 1 et 2) sont ceux des cellules pariétales; ceux des cellules axiles sont le plus souvent assez ténus, jusqu'à prendre parfois l'allure de chondriocontes (*fig.* 3). Mais tous sont pourvus de chlorophylle. A côté d'eux



existent partout d'autres éléments très petits, en forme de grains ou de bâtonnets; ce sont les mitochondries non élaboratrices de pigment (*fig.* 1 et 3).

Les organes reproducteurs femelles, les carpogones, sont portés à l'extrémité d'un ramuscule spécial enfoui dans la paroi de l'appareil fructifère; il est terminé par un trichogyne saillant à l'extérieur. Le contenu de ces éléments ne les distingue pas d'abord des cellules banales qui les entourent; ils possèdent des chromatophores rubanés nettement colorés, sauf dans le trichogyne où ils paraissent filamenteux (*fig.* 4). Mais, après la fécondation, des phénomènes remarquables se déroulent dans le carpogone et les cellules qui le supportent : le rhodoplaste rubané s'amincit, tout en gar-

dant d'abord quelques varicosités fugaces; il prend bientôt l'aspect d'un filament (*fig.* 5), puis il se fragmente, se décolore, pour se résoudre enfin en un amas de bâtonnets et de grains, ressemblant à un chondriome et qui donne aux cellules carpogoniales un aspect très particulier (*fig.* 6).

Le carpogone ainsi constitué va bourgeonner les carpospores. Les carpospores jeunes sont incolores; elles montrent, dans un protoplasme épais, des grains, des bâtonnets plus ou moins onduleux semblables à ceux du carpogone dont ils proviennent (*fig.* 7). A un stade plus âgé, les grains augmentent de volume, les bâtonnets se renflent, produisant des formes en haltères ou en fuseaux (*fig.* 8); en même temps, la chlorophylle reparaît. Finalement, la spore mûre renferme des grains arrondis, de volume variable, qui sont des plastes (*fig.* 9). Pendant toute la durée de cette évolution, on peut mettre en évidence dans la carpospore des bâtonnets beaucoup plus ténus, des grains beaucoup plus petits et moins chromophiles que les futurs rhodoplastes et qui représentent le chondriome non élaborateur de pigment.

Aux dépens des carpospores se développe un thalle filamenteux formé de trois éléments.

1° Des cellules arrondies, juxtaposées en une petite sole plate (cellules proembryoniformes de Sirodot), cellules vertes et dans lesquelles on met en évidence des chromatophores de taille moyenne, en massues, en haltères, en bâtonnets, en graines (*fig.* 10); 2° des rhizoïdes incolores dont les cellules renferment de fins et longs filaments ou chondriocontes, orientés suivant leur axe (*fig.* 11). Il faut voir là l'homologie des rhodoplastes des organes pigmentés; en effet, il existe entre ce chondriome des rhizoïdes et les plastes colorés du (3°) stade *Chantransia*, toute une série d'intermédiaires. Des cellules encore peu vertes montrent à leur intérieur des formations filamenteuses ténues, mais portant des renflements plus ou moins réguliers; dans les cellules déjà fortement colorées, les chromatophores gardent l'allure filamenteuse avec des dilatations, mais toutes ces parties sont fortement épaissies; enfin, dans les cellules adultes de la forme *Chantransia*, les rhodoplastes sont très volumineux; ils ont l'aspect de rubans irréguliers, à contours sinueux, portant de fines apophyses qui, parfois, servent à les anastomoser. C'est aux dépens de ce thalle chantransiforme que prend naissance l'appareil fructifère, ce qui nous ramène à notre point de départ.

Pour conclure, nous dirons qu'il existe chez les Lémanéacées deux variétés de mitochondries, distinctes par leur taille et leur chromaticité.

L'une, dont les fonctions sont inconnues, persiste sans grands changements pendant toute l'ontogenèse. L'autre, élaboratrice du pigment vert, subit d'amples variations, depuis les chondriocontes effilés des rhizoïdes jusqu'aux rubans épais de l'appareil fructifère, selon la présence ou l'absence de chlorophylle.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action plasmolysante d'un certain nombre de vapeurs.* Note de MM. P. Guérin et Ch. Lormand, transmise par M. L. Guignard.

Nous avons fait connaître, dans une Note récente ([1]), que le chlore et les « gaz asphyxiants » utilisés au cours de la guerre exercent sur les plantes leur action nocive en provoquant dans les cellules une contraction protoplasmique, une plasmolyse, rendue manifeste, avec les feuilles de Laurier-cerise, par un dégagement d'acide cyanhydrique, qui colore en rouge le papier picro-sodé, et avec l'*Aucuba japonica* par un noircissement très intense des feuilles.

En étudiant l'action comparative d'un grand nombre de vapeurs de composés appartenant aux groupes les plus divers de la Chimie, nous sommes arrivés à confirmer la plupart des constatations fort intéressantes faites, il y a une dizaine d'années, sur le même sujet, par M. Mirande ([2]).

Quelques-unes de nos observations ne sont pas, cependant, en complet accord avec celles de cet auteur, et c'est sur elles que nous désirons attirer plus particulièrement l'attention, tout en indiquant le mode d'action de plusieurs autres corps inutilisés jusqu'alors dans ce genre de recherches ([3]).

En ce qui concerne les alcools, M. Mirande attribue une action identique aux alcools benzylique, éthylique, méthylique et, selon lui, l'alcool allylique ne provoquerait pas, chez les feuilles de Laurier-cerise, le dégagement d'acide cyanhydrique. Or, au cours de nos nombreuses expériences, nous avons toujours constaté avec l'alcool méthylique une action plus rapide qu'avec l'alcool éthylique; quant à l'alcool benzylique, il nous a paru, de tous les alcools expérimentés (*méthylique*, *éthylique*, *propylique*,

([1]) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 401.
([2]) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 481.
([3]) Nous avons opéré, de préférence, sur des feuilles jeunes de Laurier-cerise et d'*Aucuba japonica*. A cet état, les feuilles sont plus perméables aux vapeurs et, chez le Laurier-cerise, elles sont plus riches en acide cyanhydrique.

isobutylique, *amylique*, *allylique*, *benzylique*), être celui qui agit le plus lentement. En opérant, avec tous, dans des conditions aussi identiques que possible (5 à 10 gouttes dans un flacon de 1^1, sur une même quantité de feuilles de Laurier-cerise), le dégagement d'acide cyanhydrique n'a commencé à se manifester, avec l'alcool benzylique, qu'après un temps trois fois plus long environ qu'avec l'alcool éthylique, ce qu'explique, d'ailleurs, sa plus faible tension de vapeur. L'alcool allylique, en ce qui le concerne, fait rougir le papier picro-sodé presque aussi rapidement que l'alcool éthylique.

Les résultats obtenus avec l'*Aucuba japonica*, à l'égard du noircissement de ses feuilles, en présence des vapeurs de ces divers alcools, concordent absolument avec ceux que nous a fournis le Laurier-cerise.

D'après M. Mirande, peu de phénols provoqueraient, avec le Laurier-cerise, le dégagement d'acide cyanhydrique. Ce dégagement n'aurait pas lieu avec le métacrésol, et le phénol serait sans action visible. L'orthocrésol donnerait lieu rapidement, au contraire, à une mise en liberté d'acide cyanhydrique. D'accord avec lui sur ce dernier point, tout autres sont nos résultats à l'égard des autres phénols. Nous avons, à diverses reprises, constaté (surtout avec des jeunes feuilles de Laurier-cerise, au début d'avril) une coloration rouge très marquée du papier picro-sodé avec le phénol, le métacrésol et aussi le paracrésol, l'action des deux premiers phénols étant un peu plus rapide que celle du dernier.

A la dose de 10 à 20 gouttes dans un flacon de 1^1, de nombreuses aldéhydes (*aldéhyde acétique*, *aldéhyde acrylique* [1], *aldéhyde butylique*, *aldéhyde crotonique*, *paraldéhyde*, *etc.*) déterminent le noircissement des feuilles d'Aucuba, tandis que le papier picro-sodé que l'on y suspend en présence de feuilles de Laurier-cerise ne rougit pas, quelle que soit la durée de l'expérience. Est-ce à dire que, chez ces dernières, la plasmolyse ne s'est pas effectuée? En aucune façon, mais l'acide cyanhydrique qui s'est dégagé s'est trouvé fixé par l'aldéhyde au fur et à mesure de sa mise en liberté et n'a pu réagir sur le papier.

Pour obtenir, avec ces aldéhydes, la coloration rouge du papier réactif, il est indispensable de ne faire agir sur les feuilles de Laurier-cerise que la quantité d'aldéhyde nécessaire (1 à 5 gouttes par litre suffisent généralement) pour obtenir la plasmolyse. Il y a lieu, en outre, le plus souvent, de retirer les feuilles de l'atmosphère aldéhydique, au bout de quelques

(1) Acroléine stabilisée de M. Moureu.

heures, pour les introduire ensuite dans un autre flacon (parfois dans deux flacons successifs) où, après avoir exhalé l'excès d'aldéhyde qu'elles ont emmagasiné dans leurs tissus, l'acide cyanhydrique qu'elles dégagent provoque le rougissement du papier picro-sodé mis en leur présence.

En opérant dans ces conditions, le trioxyméthylène, à raison de $0^{g},20$ par litre, et le formol, à la dose de 10 gouttes d'une solution renfermant 25^{g} pour 100 d'aldéhyde formique (solution exempte d'alcool méthylique) provoquent également un dégagement d'acide cyanhydrique que n'a pas observé M. Mirande.

Avec les aldéhydes œnanthylique, benzylique et salicylique, dont la tension de vapeur est moindre que celle des aldéhydes précédentes, le papier picro-sodé peut rougir dans l'atmosphère même de leurs vapeurs.

Il est possible que l'acide cyanhydrique qui se dégage sous l'influence de l'action plasmolysante de ces aldéhydes ne se combine que lentement avec elles et, qu'au préalable, il porte son action sur le papier picro-sodé. On peut encore admettre que la quantité d'acide cyanhydrique mise en liberté dépasse suffisamment la quantité de vapeurs de l'aldéhyde présente pour que l'excès puisse réagir sur le papier.

Alors qu'à petite dose (1 goutte par litre pendant 1 heure est suffisante), l'acroléine effectue la plasmolyse ([1]), elle annihile, à haute dose (50 gouttes par litre pendant 24 heures), l'action du ferment. Les feuilles d'Aucuba ne noircissent pas dans cette atmosphère, pas même au début de l'expérience, et conservent en herbier, après ce traitement, leur coloration primitive. Broie-t-on, en présence d'un peu d'eau, les feuilles de Laurier-cerise soumises à un tel régime, il n'y a pas dégagement d'acide cyanhydrique. Ajoute-t-on, à la liqueur, de l'amygdaline, le résultat est encore négatif. Le dégagement d'acide cyanhydrique ne se produit que si l'on fournit de l'émulsine (amandes douces pilées) aux feuilles de Laurier-cerise soumises à un excès de vapeurs d'acroléine.

Rien de semblable avec une grande quantité d'aldéhyde formique, d'aldéhyde acétique, d'aldéhyde butylique ou d'aldéhyde crotonique. Les feuilles d'Aucuba y noircissent, dans ces conditions, plus rapidement que si l'on opère avec de faibles doses.

([1]) De nombreuses expériences ont été faites sur diverses espèces de plantes en pots, dans une chambre de 13^{m^3}, à raison de 3^{g} d'acroléine par mètre cube. Toutes ces plantes perdent leurs feuilles, après séjour de 1 heure dans cette atmosphère, mais elles ne meurent pas et se remettent en végétation, après un temps plus ou moins long.

La quinone, la pyridine, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique de Nordhausen déterminent également la plasmolyse. Nos expériences antérieures avec le chlore, la chloropicrine, l'ypérite, la palite nous ont amenés à semblable résultat. C'est assez dire que ce phénomène est susceptible de s'accomplir en présence des composés les plus variés de la Chimie et dont la liste n'est close, ni par les expériences de M. Mirande, ni par les nôtres.

Le dichlorobenzène possède une action plasmolysante assez rapide dont la naphtaline est totalement dépourvue. Aussi pourrait-il avantageusement remplacer cette dernière comme parasiticide.

ÉCONOMIE RURALE. — *Les algues marines comme aliment de travail pour le cheval.* Note de MM. LAPICQUE et BROCQ-ROUSSEU, présentée par M. J. Costantin.

Une série d'expériences, au cours de ces trois dernières années (Adrian, Lapicque, Sauvageau et Moreau), ont montré que les algues marines, en particulier *Laminaria flexicaulis*, sont, après dessalage, un aliment pour les chevaux; en effet, elles sont inoffensives; elles sont digérées; elles peuvent remplacer une partie des aliments usuels, foin ou avoine, dans la ration d'entretien.

Mais pour la ration de travail, la plus intéressante, les algues peuvent-elles remplacer l'avoine? La question restait ouverte. L'un de nous avait constaté, dans une expérience antérieure, que la substitution totale de l'algue à l'avoine dans une ration ne comprenant d'autre part que foin et paille, satisfaisante pour un animal au repos, ne maintenait plus l'équilibre lors d'un travail pourtant modéré.

Les études ultérieures ont fait comprendre que ce résultat négatif ne pouvait avoir une portée générale; en effet, les laminaires employées pour cet essai étaient pauvres en laminarine (3 pour 100 seulement).

Or c'est ce polysaccharide qui semble pouvoir jouer le rôle de l'amidon de l'avoine comme source pour l'énergie musculaire.

L'expérience devait donc être reprise avec des algues riches. MM. Sauvageau et Moreau ont déjà pu remplacer l'avoine avec succès, chez des chevaux travaillant dur, par des algues recueillies à la fin de l'été. Mais leur résultat n'est pas démonstratif, car, d'une part, il restait dans la ration du son et des topinambours, bons aliments de travail; d'autre part, leurs algues, qui n'ont pas été analysées, avaient été soumises à des lavages

acides énergiques et prolongés capables de les dépouiller de la matière physiologiquement intéressante.

Sur l'initiative de la Direction des Inventions, nous avons réalisé une expérience précise.

Deux attelages semblables, composés chacun de deux chevaux hongres, traînant un fourgon à quatre roues, ont d'abord été mis à l'équilibre nutritif avec les aliments ordinaires; après 20 jours de tâtonnements, on obtint cet équilibre avec le régime suivant :

Foin, $3^{kg},850$; paille, $2^{kg},800$; avoine, $3^{kg},500$; travail quotidien, traction de 1200^{kg} (par attelage) sur $12^{km},700$ à peu près à plat.

Le 1er avril, on procéda au remplacement graduel de l'avoine par les algues. Ces algues étaient des *Laminaria flexicaulis* cueillies en août et septembre et traitées suivant la technique indiquée par l'un de nous, à savoir : un lavage rapide dans un lait de chaux léger, puis un court rinçage à l'eau douce, la durée totale des lavages n'atteignant pas une demi-heure. La teneur en polysaccharide soluble variait, suivant les bottes, de 33 à 42 pour 100, soit en moyenne 36 pour 100 ; la teneur en cendres, de 9,5 à 13 pour 100, en moyenne 11,3 pour 100. Hachées en menus morceaux, ces algues furent données en remplacement d'un poids égal d'avoine, d'abord à la dose de 500^g par jour, ensuite de 1^{kg}, puis de 1500^g, etc., jusqu'à la substitution totale, 3500^g, qui fut atteinte le 24 avril; les chevaux s'habituèrent sans difficulté à les consommer. La substitution totale fut maintenue 20 jours, soit jusqu'au 13 mai.

Pas plus que pendant la substitution partielle, on n'observa aucun signe de déficit alimentaire; l'état général se maintint bon, ainsi que l'aptitude au travail; on ne put noter aucune différence à ce point de vue avec les animaux témoins. Quant au poids (pesée quotidienne), il se maintint sensiblement constant, comme chez les témoins, chez l'un des chevaux, *Abriter*, qui laissait chaque jour une certaine portion d'algues et de paille de sa ration, à peu près un cinquième ; il y eut une augmentation de près de 10^{kg} chez l'autre cheval, *Aboi*, qui mangeait tout.

Le 13 mai, pour finir, on voulut voir si les animaux, qui avaient fourni un travail normal tous les jours, sauf un, depuis le 11 mars, étaient, après 20 jours de remplacement total de l'avoine par les algues, en état de fournir un coup de collier. La charge fut portée à 1600^{kg} et le parcours à 20^{km}, puis à 26^{km} les 14 et 15 mai. Ce travail fort de 3 jours consécutifs fut effectué visiblement sans plus de peine par les chevaux nourris d'algues que par les témoins ; comme la ration n'avait pas été augmentée, le poids de ceux-ci baissa de 15^{kg} et de 12^{kg}. *Abriter* consomma sa ration complète et ne présenta qu'une baisse douteuse ; *Aboi*, baissant de 10^{kg}, revint ainsi à son poids normal.

La valeur des algues comme aliment de travail, avec une équivalence vis-à-vis de l'avoine égale au moins à 1, est ainsi établie comme résultat d'ensemble. Quant au principe immédiat qui leur confère cette valeur, voici ce qu'a donné l'observation des résidus digestifs.

Les morceaux d'algues, comme dans les expériences de Lapicque, puis

de Sauvageau, reparurent dans le crottin, en apparence inaltérées, 4 jours après la première ingestion ; on les retrouva telles pendant 25 jours; le 30 avril seulement, elles commencèrent à paraître ramollies, puis rapidement, elles en arrivèrent à la disparition à peu près totale, malgré l'ingestion quotidienne considérable de 3500^g. Il s'est produit ici comme dans les expériences antérieures une adaptation digestive, mais beaucoup plus tardive; de telles irrégularités semblent en faveur de l'hypothèse d'une adaptation de la flore intestinale.

Analysées, les algues du crottin, recueillies au moment où elles semblaient inaltérées, se montrèrent régulièrement presque complètement dépouillées de leur laminarine; leur teneur en azote, par contre, n'avait pas sensiblement varié. D'autre part, la digestion totale, survenue au milieu du régime d'algues complet, n'a amené aucune conséquence nutritive sensible, ni augmentation de poids, ni diminution de l'appétit. Il convient donc d'attribuer au polysaccharide soluble la part essentielle dans la valeur alimentaire observée.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'attitude du corps sur la respiration.* Note (1) de M. Gautiez, présentée par M. d'Arsonval.

Nos observations, depuis une dizaine d'années, nous ont montré que l'attitude du corps peut, dans certaines conditions, modifier la respiration si heureusement qu'elle constitue une véritable thérapeutique.

Nous n'avons à notre disposition que des faits cliniques; nos vues sont inspirées par la théorie pure, mais on en verra ultérieurement la justification expérimentale.

En attendant, il nous semble que *toutes les attitudes s'efforcent d'assurer la fixité de la nuque et de la colonne vertébrale.* De ce principe il résulte que là où la fixité fait défaut, où elle est incertaine, le jeu des muscles cesse d'être normal et retentit fâcheusement sur la respiration.

Types respiratoires. — La fixité de la nuque favorise spécialement le type respiratoire dit *thoracique*, où l'épanouissement des poumons est dû bien plus aux côtes vertébrales qu'au diaphragme. Le mouvement d'élévation des côtes ne peut s'effectuer que si les muscles qui les commandent trouvent un

(1) Séance du 7 juin 1920.

point d'appui au-dessus du thorax. Ce point d'appui est réalisé par la contraction des muscles de la nuque.

On peut s'en convaincre en appuyant la nuque sur le dossier d'un siège, ou, étant debout, en prenant le point d'appui sur le mur contre lequel on est adossé.

Pendant la locomotion, les conditions pour avoir une respiration à bon rendement restent les mêmes : obtenir la fixité de la nuque en lui donnant un point d'appui sur la colonne vertébrale.

Dans la marche *sur talons*, le corps rejeté en arrière, on n'obtient pas cette fixité. Tandis que la marche sur *avant-pieds* entraîne automatiquement la contraction des muscles obliques, la disparition de la *lordose* et la fixité de la colonne vertébrale.

C'est, somme toute, le mécanisme de la course, sans la vitesse; on aborde le sol par l'avant-pied.

Dans le type respiratoire dit *diaphragmatique*, la fixité de la colonne lombaire assure aux piliers du diaphragme un point d'appui; ce qui permet au centre phrénique de faire agir la partie antérieure du muscle et d'élever les dernières côtes. Là aussi l'attitude sur avant-pieds, entraînant l'action des obliques et la fixité de la colonne lombaire, favorise l'inspiration. L'attitude sur talons fait disparaître cet avantage.

Conclusion. — La station et la marche sur avant-pieds, en fixant la colonne vertébrale, facilitent et amplifient le jeu de la respiration. Il en résulte, dans la plupart des états pathologiques, une amélioration du plus haut intérêt.

Remarques de M. A. d'Arsonval *à l'occasion de la Communication du Dr* Gautiez (1).

La sobriété de la rédaction masque quelque peu l'importance du sujet de la Note que je viens de présenter. J'ai eu pourtant grand mal à l'arracher à la modestie de son auteur, le Dr Gautiez. Ayant pu vérifier à maintes reprises, tant dans mon entourage que sur moi-même, les bons effets des pratiques conseillées par l'auteur ; comprenant d'autre part l'importance de leur diffusion pour l'amélioration de l'hygiène et de la médecine sociales,

(1) Séance du 14 juin 1920.

j'ai estimé que des expériences précises de laboratoire devaient en fixer le bien-fondé et le déterminisme.

D'après les démonstrations du Dr Gautiez, j'avais acquis la conviction que les attitudes et la marche qu'il recommande avaient pour effet d'augmenter le volume d'air inspiré et de faire fonctionner les sommets des poumons.

Quelques expériences sur des amis et sur moi-même à l'aide du spiromètre; le fait que dans la station verticale je dégageais 91^{cal} contre 69^{cal} assis, ainsi que je l'ai signalé il y a 26 ans ([1]), semblaient plaider dans le même sens. Mais il fallait transformer la conviction en certitude. Le programme expérimental consistait donc à mesurer les variations de volume et de forme de la cage thoracique, les modifications qualitatives et quantitatives de l'air respiré, le volume d'oxygène mis à la disposition de l'organisme dans l'unité de temps, suivant les attitudes, etc.

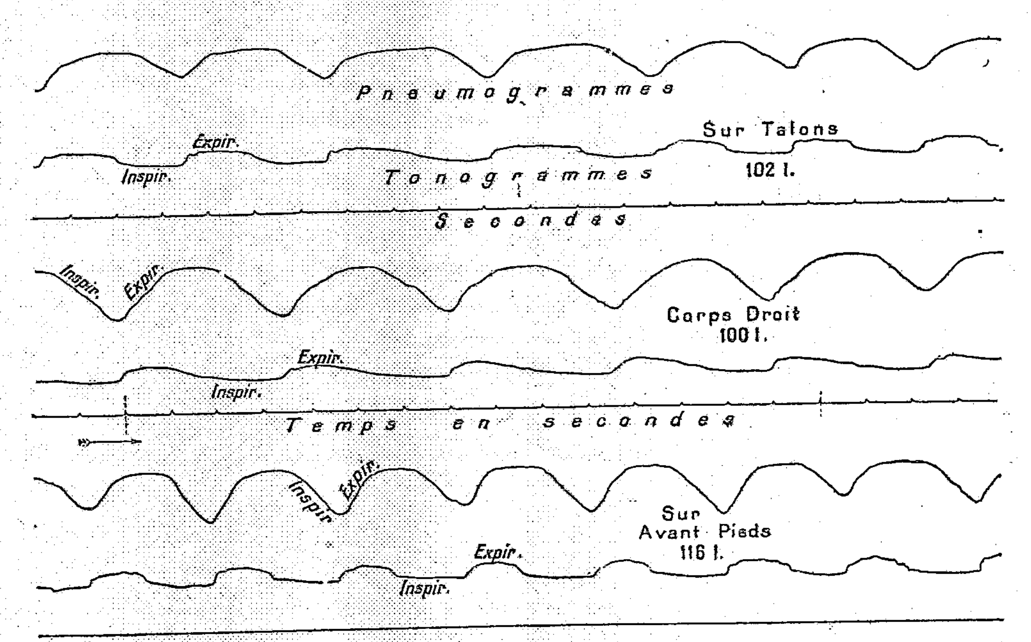


Fig. 1. — Tracés respiratoires et ventilation pulmonaire suivant les attitudes du corps.

En conséquence, j'ai chargé M. Amar de l'exécution de ce programme. Et ce sont les résultats obtenus par cet habile physiologiste que je communique aujourd'hui à l'Académie.

([1]) D'ARSONVAL, *Société de Biologie*, février 1894.

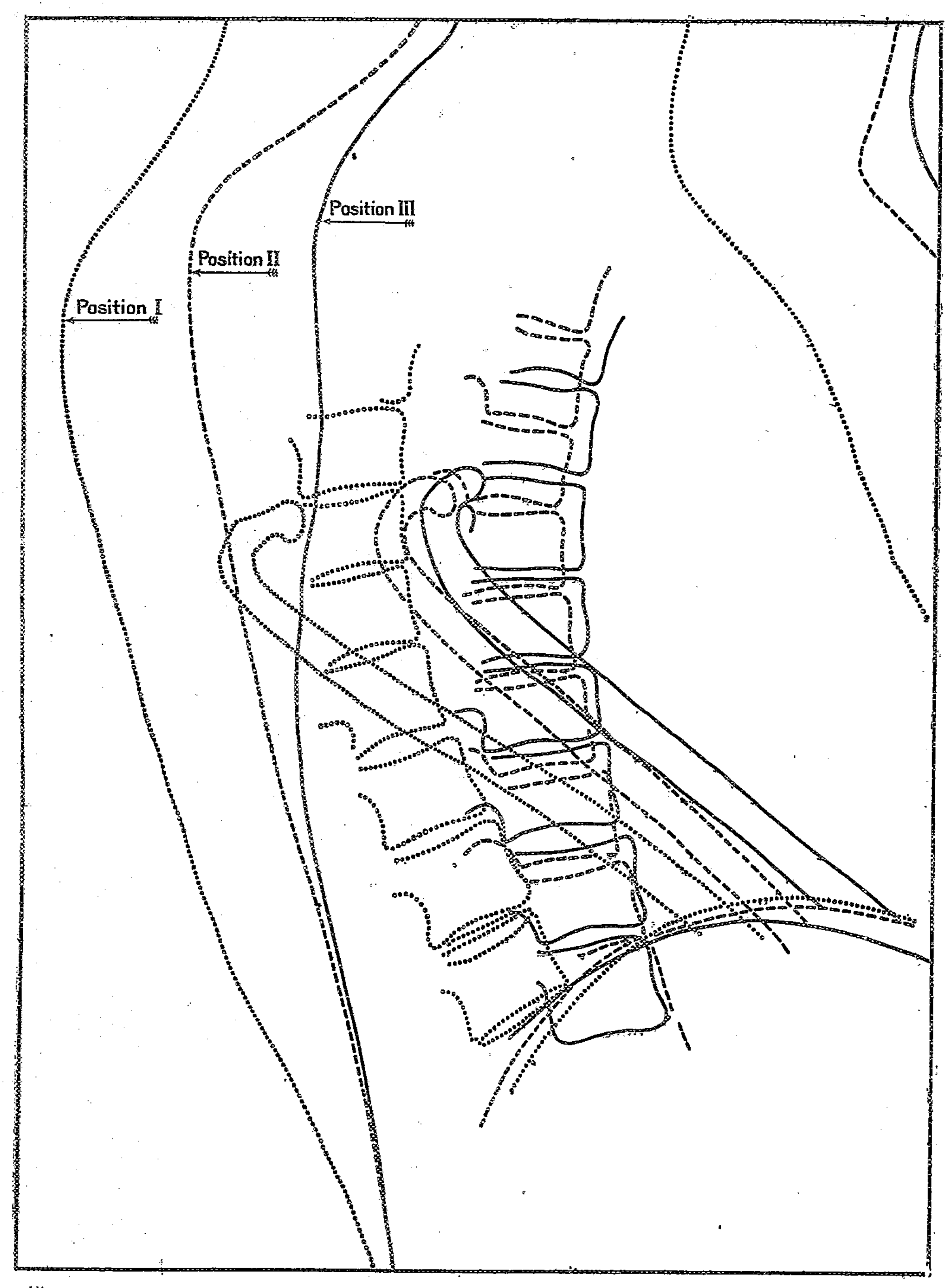


Fig. 2. — Positions du thorax dans les attitudes sur talons (I), droite (II) et sur avant-pieds (III).

Les trois figures ci-contre sont suffisamment éloquentes par elles-mêmes.

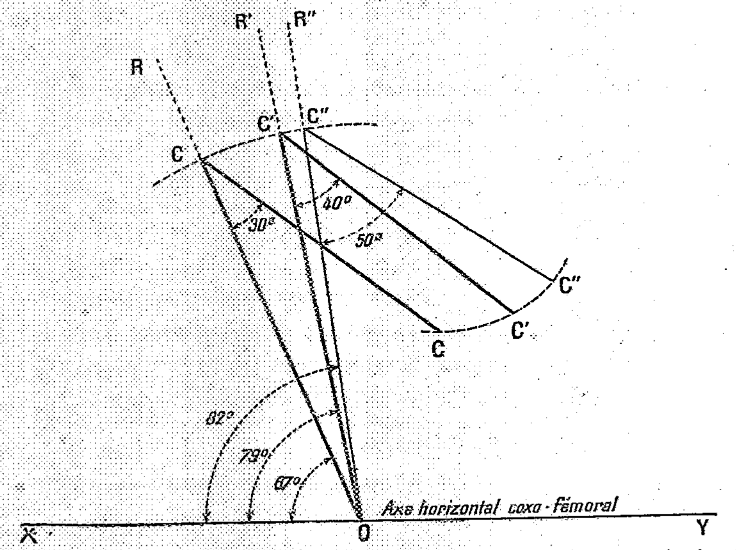


Fig. 3. — Positions respectives des côtes (C) et du rachis (R) suivant les attitudes du corps.

Je conclus :

Les exercices physiques sont, à juste titre, à l'ordre du jour. Il existe d'excellentes méthodes donnant de bons résultats, mais qui exigent la volonté et la possibilité d'y consacrer le temps nécessaire sous la direction continue ou intermittente d'instructeurs spéciaux. Le grand mérite du système Gautiez est d'arriver à un résultat, au moins équivalent, sans perte de temps et sans frais aucun, ce qui en favorisera la généralisation très désirable.

PHYSIOLOGIE. — *Attitudes du corps et respiration.* Note (¹) de M. JULES AMAR, présentée par M. d'Arsonval.

Une Note de M. Gautiez (²) a signalé l'influence des diverses attitudes du corps sur la respiration, et l'intérêt des applications qu'elle suscite dans le domaine thérapeutique. Mais il fallait préciser expérimentalement cette

(¹) Séance du 14 juin 1920.
(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1603.

influence, montrer si elle modifie le type et l'intensité de la respiration, et en fixer la valeur.

Tel est l'objet de notre Communication; elle doit compléter et vérifier les vues de la clinique.

Or, déjà en 1911, on avait donné le Tableau suivant [1] :

Dépense d'oxygène d'un homme *assis*		100
Dépense d'oxygène d'un homme *debout*.	Station hanchée	103
	Station commode	106
	Station normale	125

Nous allons, pour suivre les idées de M. Gautiez, considérer trois positions debout, dans lesquelles le poids du corps incline vers les talons (1), ou suit la verticale (2), ou enfin penche vers les avant-pieds (3).

La méthode d'observations combine le pneumographe et la soupape buccale dérivée sur tambour inscripteur.

Les sujets étudiés ont de 18 à 25 ans, et sont valides.

Voici le résumé très condensé de 22 observations, dont nous publierons plus tard le détail.

I. *Ventilation pulmonaire et attitudes du corps :*

Attitudes debout.	Ventilation par minute.	Comparaison avec l'attitude (2).
(1) Corps incliné en arrière	14,60	106
(2) Corps droit	13,75	100
(3) Corps incliné en avant	15,65	113

La moyenne générale ressort à 107, 100 et 117, soit 17 pour 100 d'accroissement de la ventilation lorsque le corps déplace sa ligne de gravité vers les orteils.

II. *Graphiques respiratoires. Radiographies du thorax.* — Plaçons le pneumographe à quelques centimètres *au-dessus de l'ombilic*, et prenons aussi les tonogrammes de la soupape buccale, et le rapport $\frac{\text{expiration}}{\text{inspiration}}$ ou $\frac{E}{I}$. Ce dernier rapport diminue dans un exercice normal des muscles, l'inspiration gagnant sur l'expiration.

(1) Jules Amar, *Journal de Physiologie*, mars 1911, p. 212; *Le Moteur humain*, 1914, p. 445.

Attitudes debout.	Fréquence.	Amplitude. Pneumographe.	Tonogrammes.	Rapport $\frac{E}{I}$.
(1)..........	18	85	90	1,40
(2)..........	14	100	100	1,65
(3)..........	20	75	121	1,20

Si le pneumographe est *au niveau des mamelons*, on obtient :

Attitudes debout.	Fréquence.	Amplitude. Pneumographe.	Tonogrammes.	Rapport $\frac{E}{I}$.
(1)..........	17,50	70	120	1,60
(2)..........	15	100	100	1,75
(3)..........	20	135	140	1,30

Ainsi, l'attitude sur avant-pieds, qui favorise la ventilation pulmonaire, le fait en augmentant de 35 pour 100 environ le périmètre thoracique et la fréquence des respirations.

Cela résulte clairement des courbes pneumographiques, et l'on s'assure, par les tonogrammes, que les poumons se dilatent largement. L'inverse apparaît dans l'attitude sur talons.

Au reste, les positions respectives des côtes et de la colonne vertébrale démontrent ces faits en toute évidence.

Nous avons fait prendre par le Dr Lomon, qui y a mis toute son ingéniosité, trois radiographies sagittales correspondant aux attitudes (1), (2) et (3). En les superposant sur un calque, on voit ceci :

En position (1), l'axe spinal forme un angle de 67° avec l'axe horizontal coxo-fémoral. Cet angle s'élève à 79° et 82° dans les attitudes (2) et (3), et l'épine dorsale se redresse progressivement, sa courbure diminue.

Les côtes, à leur tour, étaient obliques d'arrière en avant et de haut en bas, formant un angle de 30° avec l'axe vertébral; dans les positions (2) et (3), cet angle atteint 40° et 50°. C'est-à-dire que l'action des muscles thoraciques relève les côtes, projette le sternum en avant et agrandit la surface latérale.

III. *Intensité des échanges. Conclusions.* — Ces résultats s'expliquent par le jeu des scalènes qui, trouvant un point d'application *plus fixe* dans les positions (2) et (3), soulèvent plus haut les deux premières côtes, tandis que les intercostaux externes travaillent plus aisément. L'ampliation pulmonaire a d'autant plus d'espace que les côtes sont plus relevées et que le rachis tend davantage vers la forme rectiligne.

La fixité du point d'application des scalènes, et la synergie musculaire qu'elle entraîne, déterminent les effets costal ou diaphragmatique sur la respiration, la ventilation plus grande en station ou marche sur la pointe des pieds, dans la supination du corps couché comparée à la pronation, et en général dans tout exercice intense des muscles.

Le seul fait de *relever les gros orteils*, pendant qu'on est debout, augmente de 21 pour 100 la ventilation, et un peu la fréquence respiratoire.

Et il y a, en outre de la plus grande quantité d'air qui circule à travers les poumons, une *intensité plus marquée des échanges*. Exemple :

Attitudes debout.	CO^2 pour 100.	O^2 pour 100.	$\frac{CO^2}{O^2}$.
(1).............	3,25	3,65	0,89
(2).............	3,20	3,45	0,90
(3).............	3,45	3,95	0,87

L'intensité des échanges a donc les valeurs 106, 100 et 114 ; en les combinant avec les taux de ventilation, savoir 107, 100 et 117, on aura des *consommations d'oxygène* exprimées par

113, 100 et 133.

Par conséquent, les attitudes du corps modifient l'intensité, le type et la ventilation respiratoires.

La marche sur avant-pieds, torse redressé, exerce la partie supérieure des poumons en dilatant la cage thoracique par relèvement des premières côtes. Elle permet les respirations larges et profondes, seules compatibles avec un entraînement physique rationnel, et un progrès constant des combustions et des forces de l'organisme.

La marche sur talons a des effets contraires, généralement nuisibles à la santé.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action sur la chlorophylle des radiations de différentes longueurs d'onde*. Note (¹) de M. René Wurmser, présentée par M. Yves Delage.

On admet généralement que la vitesse v d'une transformation chimique, effectuée par un rayonnement agissant sur une couche infiniment mince d'une substance photosensible, est proportionnelle à la puissance de l'énergie

(¹) Séance du 21 juin 1920.

lumineuse incidente P_0. Si la réaction est d'ordre n, on a

(1) $$v = \sigma c^n P_0,$$

c étant la concentration de la substance et le coefficient σ la susceptibilité photochimique de la réaction. Un calcul simple [1] montre que, si l'épaisseur du système est telle que l'absorption ne soit plus négligeable, on a

(2) $$v = \frac{\sigma}{K} c^n P_a,$$

P_a étant l'énergie absorbée et K la constante d'absorption.

La loi de Grotthus permet de prévoir que la susceptibilité présente un maximum correspondant aux longueurs d'onde les plus fortement absorbées. Sous cette forme qualitative, cette loi n'a jamais été mise en défaut jusqu'ici sur les systèmes ne possédant qu'une bande d'absorption. Mais, quand un corps possède plusieurs bandes, et c'est le cas de la chlorophylle, des radiations très fortement absorbées peuvent être moins actives que des radiations moins fortement absorbées correspondant à une autre bande [2]. Il m'a paru intéressant de rechercher comment la chlorophylle se comporte à ce point de vue. On sait, en effet, depuis longtemps, que la chlorophylle dissoute dans des solvants neutres se décolore sous l'action de la lumière, et l'influence relative des diverses radiations sur cette réaction photochimique a déjà fait l'objet des recherches de Sachs (1864), Gerland (1871), Wiesner (1874), Dementiev (1870), Reinke (1875), Timiriazef (1885). Mais leurs résultats, souvent contradictoires, sont insuffisants pour des raisons de technique ou de calcul. Pour connaître σ, on doit, d'après la relation (2), déterminer d'une part la vitesse de destruction de la chlorophylle, d'autre part l'énergie absorbée P_a et la constante d'absorption K pour chaque région spectrale étudiée. On aura

$$\sigma_1 = \frac{v_1}{P_{a_1}} K_1 \frac{1}{c^n}, \qquad \sigma_2 = \frac{v_2}{P_{a_2}} K_2 \frac{1}{c^n}, \qquad \ldots.$$

Mes expériences ont été effectuées sur de la chlorophylle pure préparée,

---

(1) MARCEL BOLL, *Recherches sur l'évolution photochimique des électrolytes* (Thèse, Paris, 1914, et *Annales de Physique*, 1914). — TIAN, *Transformation et équilibre chimiques de l'eau et des solutions de peroxyde d'hydrogène à la lumière ultraviolette* (Thèse, Paris, 1915).

(2) V. HENRI et R. WURMSER, *Loi d'absorption photochimique élémentaire* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 230).

grâce à l'aide de M. L. Forsen, d'après la méthode de Willstätter et Stoll, et exposée en solution acétonique. Une étude spectrophotométrique préalable montre, au cours de l'irradiation, la disparition régulière de la première bande principale ($\lambda = 670^{m\mu}$). Par contre, la disparition de la seconde bande principale ($\lambda = 430$) est compliquée par la formation de produits absorbant le violet extrême et l'ultraviolet. Pour suivre au moyen du spectrophotomètre la destruction de la chlorophylle, il faut donc opérer les mesures dans la région rouge ($\lambda = 670^{m\mu}$). La loi de Beer a été suffisamment vérifiée pour que la constante d'absorption puisse être considérée comme proportionnelle, à tout instant, à la quantité de chlorophylle non détruite. Les sources utilisées sont : une lampe (0,5 watt, 200 bougies) pour le rouge et le vert, une lampe à vapeur de mercure pour le violet. Trois régions spectrales ont été séparées au moyen d'écrans de bichromate de potassium, de chlorure de cuivre et de sulfate de cuivre ammoniacal. En lumière rouge, la destruction suit la marche d'une réaction unimoléculaire. En lumière violette, les produits, qui apparaissent dans la solution, limitent la destruction au bout d'un certain temps : il n'a donc été tenu compte pour le calcul que des vitesses initiales. L'énergie absorbée a été déterminée directement au moyen d'une pile thermo-électrique de Rubens. Le Tableau suivant résume les résultats :

	Rouge ($\lambda > 560^{m\mu}$).	Vert (580-460).	Violet ($\lambda < 490$).
Énergie absorbée $= P_a$	50	2	29
Vitesse de réaction $= v$.............	45	1,25	30
Vitesse : énergie absorbée $= \frac{v}{P_a}$.....	0,9	0,62	1,03
Constante d'absorption $= K$.........	0,46	0,09	1,31
Susceptibilité photochimique $= \sigma$....	0,41	0,05	1,34

Ainsi la susceptibilité photochimique varie avec λ d'une façon sensiblement proportionnelle à K, sauf au voisinage du minimum d'absorption où elle décroît plus rapidement. Les radiations, dont les fréquences correspondent aux deux bandes principales rouge et violette de la chlorophylle, sont, à énergie absorbée égale, également actives.

MORPHOLOGIE. — *Sur l'imitation des cellules, des tissus, de la division cellulaire et de la structure du protoplasma avec le fluorosilicate de calcium. Confirmation des recherches de MM. Gautier et Clausmann sur l'importance biologique du fluor.* Note de M. A.-L. HERRERA, présentée par M. Henneguy.

Ainsi que j'ai dit dans ma première Communication à l'Académie des Sciences (¹), la diffusion lente de bifluorure de potassium et de chlorure de calcium dans du silicate alcalin ou dans la silice colloïdale concentrée produit un grand nombre de structures pseudo-cellulaires et de pseudo-micro-organismes. Les perfectionnements à la technique m'ont fourni, tout dernièrement, des résultats inattendus.

On prépare une solution pure de silicate alcalin par dissolution à 180° C., dans un vulcanisateur, de silice gélatineuse pure et récente dans de l'eau distillée additionnée de 10^g de soude ou de potasse de Merck. On maintient à cette température pendant deux ou trois jours, matin et soir. Le silicate devra marquer au moins 1035 D., mais il peut arriver à 1100 D. et contenir dans le premier cas, au moins, 0,738 pour 100 de silice et 4 pour 100 d'alcali libre. On dépose une goutte de cette solution entre couvre et porte-objet après addition de bifluorure de potassium de Merck. Pour 760^{cm^3} de silicate on devra ajouter en agitant $3^g,040$ de bifluorure dissous dans 50^g d'eau distillée. La compression du couvre-objet est la condition du succès et peut être de 10^g à 100^g pour commencer les expériences, et de 10^{kg} à 100^{kg} dans la suite. On dépose un grain de chlorure de calcium anhydre et pur sur le bord du couvre-objet comprimé ou bien on rapproche de celui-ci un autre couvre-objet recouvrant une goutte de solution de chlorure de calcium D. = 1340 et comprimé aussi au moins à 5^{kg}.

De la sorte la diffusion est lente grâce à la compression des solutions et la formation d'une nappe capillaire. On recouvre avec une cloche, on sature de vapeur d'eau celle-ci en introduisant des linges ou du coton humecté et l'on abandonne pendant 1 à 2 jours. On lave, on laisse sécher jusqu'au décollement du couvre-objet, on enlève celui-ci et l'on traite avec les procédés histologiques habituels jusqu'à inclusion dans le baume du Canada. Pour la coloration il faut employer le bleu de Kühne ou les mordants, ces structures étant, en général, peu perméables aux colorants.

(¹) *Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1015.

Pour les diffusions lentes sans couvre-objet, on fait usage d'un fil de coton ou d'un filament de papier filtre servant de pont entre deux gouttes de solutions, mais la compression est préférable parce que l'espace capillaire est alors si mince que je n'ai pas pu le mesurer avec le calibrateur de Zeiss, cet appareil étant insuffisant pour des épaisseurs probablement de l'ordre de quelques doubles microns et comparables aux membranes des bulles de savon mesurées par M. Perrin.

Les insuccès sont dus à une proportion excessive d'alcali ou bien au défaut de bifluorure. Les silicates du commerce ne donnent aucun résultat, l'excès d'alcali dissolvant les pseudo-formes.

Avec la pression de 100^{kg}, les lames et les lamelles se brisent et il faut les protéger par des coussins de caoutchouc. L'évaporation est très nuisible et le desséchement de la nappe capillaire empêche les formations, ainsi que la dilution.

Les précipités périodiques ainsi produits se transforment dans des courbes et des ovoïdes avec nucléus. Il en résulte des imitations assez parfaites des cellules, des tissus et de la division cellulaire, ce qui est dû probablement à la formation d'une émulsion de fluorure de calcium dans du silicate de calcium membraneux.

Diverses forces amènent les résultats obtenus : cristallisation, tension superficielle, diffusion, gonflement osmotique des alvéoles invisibles.

Conclusions. — Le fluorosilicate de calcium produit par double décomposition de silicate alcalin et de bifluorure de potassium en présence de chlorure de calcium et eau, si la diffusion des solutions est très lente, donne des imitations remarquables de la structure du protoplasma, des cellules naturelles et de leur division ainsi que de divers tissus.

Ces imitations peuvent être étudiées et conservées par les procédés histologiques.

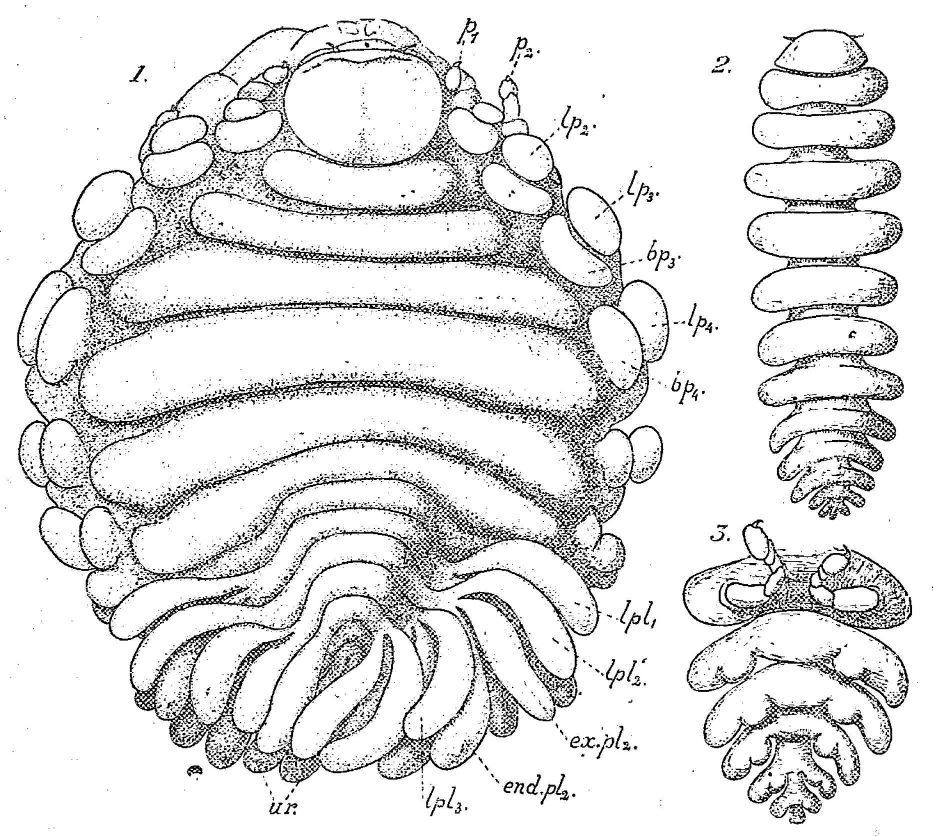
Les pseudo-cellules montrent une membrane, un spongioplasma, une membrane nucléaire, des filaments chromatiques et un nucléole. Elles se durcissent rapidement et sont peu perméables aux colorants sans des mordants. La tendance à la division de ces pseudo-éléments est constante.

ZOOLOGIE. — *Sur un type nouveau d'Épicarides*, Rhopalione uromyzon *n. g. n. sp., parasite sous-abdominal d'un Pinnothère.* Note de M. CHARLES PÉREZ, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Sur les bancs perliers du golfe Persique, au milieu des Pintadines, on rencontre assez communément un Spondyle. M. Ph. Dautzenberg, qui a eu l'amabilité d'examiner mes échantillons, les a reconnus comme appartenant au *Spondylus gaederopus* L. Cette espèce, méditerranéenne, est donc une de celles qui, franchissant le canal de Suez, se sont acclimatées dans le domaine de l'océan Indien; et, dans cette aire nouvelle de dispersion, le Spondyle a admis comme commensaux des organismes qui faisaient déjà antérieurement partie de la faune autochtone, et dont la spécificité n'était pas trop strictement déterminée : une Crevette du groupe des Pontoniides et un Crabe du groupe des Pinnothères. La première, dont un mâle et une femelle se trouvent toujours réunis dans le Spondyle qui les héberge, a été déterminée par G. Nobili comme identique à l'*Anchistus* (*Tridacnocaris*) *Miersi* (de Man), connu de diverses stations de l'océan Indien et du Pacifique, et que Borradaile en particulier a signalé dans les *Tridacna squamosa* de la Nouvelle-Guinée anglaise. Plus fréquemment, le Spondyle reçoit comme hôte dans son manteau un Pinnothérien qui constitue une espèce nouvelle, décrite par Nobili sous le nom d'*Ostracotheres spondyli*. Toutes les espèces jusqu'ici connues de ce genre appartiennent à la mer Rouge et à l'océan Indien. Ce commensal est en principe toujours solitaire, et plus de 130 exemplaires recueillis sont tous exclusivement des femelles.

Le Pinnothère à son tour héberge des parasites, et la présente Note est destinée à faire connaître l'un d'entre eux, un Épicaride qui mérite de constituer un genre nouveau assez particulier. Tout d'abord par sa situation : voisin, à n'en pas douter, par ses caractères morphologiques, des Ioniens, Céponiens, etc., il fait exception à la règle qui est pour eux générale : au lieu d'être logé dans la cavité branchiale, il se place sous l'abdomen de son hôte, orienté à l'inverse de lui ; sa face dorsale répond au plastron thoracique du Crabe, sa face ventrale bombée par la masse des œufs en incubation que recouvrent les oostégites, loge sa convexité sous la voussure du pléon réfléchi ; sa tête est tournée du côté de la charnière d'articulation thoracopléale; les plans de symétrie de l'hôte et du parasite sont parallèles. Tant que la femelle de l'Épicaride est encore jeune, elle est tout entière

logée sous le pléon du Crabe, d'un seul côté du plan médian; elle n'apparaît point à l'extérieur; quand elle est adulte (8^{mm}), son propre pléon déborde à l'extérieur et son volume accrû déjette de côté le pléon du Crabe, déformé d'une façon tout à fait dissymétrique. L'asymétrie du parasite lui-même est notablement moins accusée que celle des Bopyriens branchiaux. Le mâle (5^{mm}) se tient généralement cramponné au bord pleural du thorax de la femelle, toujours du côté libre, c'est-à-dire voisin du plan médian du Crabe.



Rhopalione uromyzon Ch. Pérez.

1, femelle, face dorsale × 13; 2, mâle, face dorsale × 13; 3, mâle, face ventrale du pléon × 25.

Cet Épicaride est également bien défini par ses caractères morphologiques. La femelle (*fig.* 1) présente, au bord latéral de chaque segment du péréion, une bosse pleurale (*bp*) surmontant une lame pleurale (*lp*), renflée en une bosse analogue. Les segments du pléon, bien distincts, portent chacun une paire de pléopodes biramés (*ex. pl.*, *end. pl.*), chaque rame

ayant la forme d'une massue incurvée; la partie latérale du segment se prolonge elle-même en une lame pleurale (*lpl*) de même forme; de sorte que chaque segment porte, de chaque côté, trois massues superposées semblables. La convexité de ces massues est tournée du côté dorsal et, pour les premiers segments, un peu vers l'avant, de sorte qu'elles surplombent les bords du septième segment thoracique. Les uropodes (*ur*), uniramés, ont aussi la même forme de massue. Ce bouquet de massues disposées en éventail donne à la femelle un aspect tout à fait caractéristique, et c'est ce bouquet qui, à l'état adulte, fait saillie à l'extérieur, en dépassant le bord du pléon du Crabe. Le mâle (*fig.* 2) présente tous ses somites, y compris ceux du pléon, bien distincts; la place des pléopodes est à peine indiquée par une bosse peu proéminente (*fig.* 3); les uropodes sont totalement absents. Ce mâle n'est pas sans analogie avec celui des *Pseudione*, mais les caractères de la femelle sont assez spéciaux pour justifier la création d'un genre nouveau. J'ai essayé de rappeler à la fois le plus saillant de ces caractères et la situation particulière du parasite en lui donnant le nom de *Rhopalione uromyzon*.

Ce n'est point là un type entièrement isolé. Je dois à l'obligeance de M. Paul Pelseneer un Pinnothérien recueilli dans une *Arca* à l'île Lombok (Insulinde), qui héberge une espèce voisine; je la désignerai sous le nom de *Rhopalione Pelseneeri*. J'ai d'autre part examiné à nouveau l'espèce que J. Bonnier avait rapportée, avec un point de doute, au genre *Orbione* sous le nom d'*O. incerta*. Elle se rattache aussi au genre que je viens de décrire et elle devra s'appeler *Rh. incerta*. Toutes ces espèces ont la même position, sous l'abdomen de leur hôte.

EMBRYOGÉNIE. — *Développement des canaux aériens et histogenèse de l'épithélium pulmonaire chez le Mouton* (¹). Note de MM. **J. Dragoiu** et **Fauré-Fremiet**, présentée par M. Henneguy.

Nos recherches ont porté sur près de quatre-vingts fœtus de Mouton mesurant de 2^{cm} à 48^{cm} de long prélevés aux abattoirs de la Villette. Les poumons étaient fixés sur place.

I. *Formation des canaux aériens.* — Les coupes transversales ou longitu-

(¹) Travail fait à l'aide d'une subvention sur le fonds Bonaparte.

dinales des poumons de fœtus longs de 2^{cm} à 20^{cm} montrent les canaux aériens s'accroissant, au sein d'un tissu conjonctif embryonnaire, en se ramifiant suivant le type monopodique. Depuis ce stade, qui correspond à la troisième semaine environ et jusqu'à la dixième semaine, le poumon fœtal présente le type glandulaire.

A partir de 20^{cm} de long, les vésicules pulmonaires primitives, se divisent suivant le mode dichotomique, et leurs ramifications constituent bientôt autant de pédicules étroits et allongés (canaux alvéolaires) lesquels présentent sur leur trajet des évaginations plus ou moins prononcées et ramifiées elles-mêmes (vésicules pulmonaires ou alvéoles). L'organe a dès lors acquis le caractère pulmonaire ([1]).

Ce stade correspond, pour le fœtus humain, à l'âge de 6 semaines, décrit par Kölliker (1881).

La croissance en surface des vésicules pulmonaires et la formation des évaginations et des bosselures est en rapport avec le développement des capillaires sanguins, et la réduction du tissu conjonctif péri-alvéolaire, qui n'est plus constitué que par une seule couche de cellules.

II. *Histogénèse de l'épithélium pulmonaire.* — L'épithélium de tout le système aérien : bronches et ramifications bronchiques, culs-de-sac terminaux, est constitué chez le fœtus de 2^{cm} à 16^{cm} par un épithélium simple formé de cellules cylindriques ou prismatiques. Stieda (1878) a fait la même observation chez un fœtus de Mouton de 23^{cm}, tandis que Jalan de la Croix (1883), au contraire, décrit chez le fœtus humain jusqu'à l'âge de 4 mois, un épithélium stratifié.

Chez le Mouton, les cellules de cet épithélium simple sont hautes de 35^{μ} à 39^{μ}; leur cytoplasma est clair, sans détail de structure; leur noyau, de section rectangulaire, carré ou triangulaire, est situé à diverses hauteurs, de sorte que l'ensemble des noyaux d'un même épithélium paraît disposé en trois étages. Les noyaux en division s'observent toujours près de l'extrémité libre des cellules, mais la multiplication active de celles-ci les presse et les comprime les unes contre les autres, en les maintenant sur une seule assise.

A la sixième semaine de la vie fœtale (fœtus de 16^{cm}) la multiplication

---

([1]) La succession des modes de développement monopodique puis dichotomique a été constatée déjà par His (1887), Laguesse et d'Harviller (1896), Huntington (1898), Hesser (1905), Flint (1906).

des cellules épithéliales semble se ralentir. Dans les petites bronches et dans les vésicules pulmonaires primitives, les colorations à l'hématoxyline ferrique montrent au pôle apical des cellules épithéliales, dans le cytoplasma périphérique, tout près de la surface libre, deux petits corpuscules situés à faible distance l'un de l'autre (diplosome) et fortement colorés en noir.

Les colorations à la fuschine acide, mettent bien en évidence le réseau de ciment intercellulaire qui donne aux coupes tangentielles de l'épithélium l'aspect d'un gâteau de cire, dont les alvéoles seraient occupées par le cytoplasma clair des cellules, avec le diplosome superficiel, au centre.

Dans les régions supérieures de l'arbre bronchique, la différenciation est plus avancée; dans les bronches de ramification, la surface des cellules épithéliales est constituée par une zone striée de couleur grisâtre, véritable plateau qui, dans la zone principale, porte des cils courts et peu nombreux; à mesure que nous remontons vers le hile du poumon, ces cils sont plus longs et plus serrés; ils présentent des corpuscules basaux colorables.

A la même époque, et dans ces dernières régions, l'épithélium a une hauteur de 35^{μ} à 42^{μ} et ces cellules sont disposées sur deux rangs. La couche superficielle est formée de cellules cylindriques ou prismatiques qui occupent toute la hauteur de l'épithélium, mais dont l'extrémité inférieure, divisée ou amincie, limite des espaces occupés par les cellules polyédriques de la couche basale.

En descendant vers les dernières ramifications bronchiques, les cellules épithéliales tendent de plus en plus à prendre la forme cubique que nous rencontrons déjà dans les vésicules définitives vers le milieu de la vie fœtale.

L'aplatissement de l'épithélium alvéolaire se réaliserait vers la fin de la vie fœtale ou après la naissance, d'après Weber (1864), Schmidt (1886), Frey (1867), Schultze (1871), Pouchet et Tourneux (1878), Orth (1881), tandis que, d'après Elenz (1864), Colberg (1867), Kölliker (1884), il apparaîtrait au cours de la vie fœtale. D'après les premiers auteurs et Jalan de la Croix (1883), l'aplatissement après la naissance serait dû à la dilatation des alvéoles par les premières inspirations.

Nos observations nous ont montré que chez les fœtus de Mouton de 20^{cm} à 40^{cm}, dont les alvéoles n'ont pas encore atteint tout leur développement, les cellules épithéliales alvéolaires sont moins nombreuses; on pourrait penser qu'il n'existe plus un rapport direct entre la surface de l'avéole et le nombre des cellules.

Celles-ci sont isolées une par une ou disposées en îlots de 5 à 6 éléments; mais, dans les espaces intermédiaires, la membrane alvéolaire n'est pas découverte. Nous voyons, en effet, le cytoplasma de plusieurs cellules réduit à une mince lamelle qui va s'étaler sur cette membrane et recouvrir les capillaires.

Dans les semaines qui précèdent la naissance, nous distinguons dans l'épithélium deux sortes d'éléments :

1° Des cellules cubiques ou légèrement aplaties, de $10^{\mu},5$ de diamètre, avec un noyau périphérique de $6^{\mu},3$, long, ovale, lenticulaire ou contourné en S; elles sont disposées en îlots sur le côté des capillaires ou dans les fossettes limitées par les mailles du réseau vasculaire et souvent leur cytoplasma, aminci, est étalé comme nous l'avons décrit plus haut; nous pensons qu'elles forment l'épithélium nucléé et aplati de l'alvéole ainsi que les plaques anucléées.

2° Des cellules de même dimension, mais avec un grand noyau bosselé mesurant $8^{\mu},4$, souvent en état préparatoire à la division ou même en division. Nous avons suivi l'évolution de ces cellules jusque chez le fœtus de 40^{cm} et nous pensons qu'elles pourront compléter l'épithélium aplati de l'alvéole lorsque celle-ci augmente sa surface après les premières inspirations. Celles de ces cellules qui ne se divisent pas se présentent avec un aspect granuleux caractéristique, particulièrement après les imprégnations au nitrate d'argent qui les mettent en évidence au milieu des plaques épithéliales.

Les granulations de ces cellules apparaissent déjà chez le fœtus de 30^{cm}; elles s'accroissent et occupent presque toute la masse cytoplasmique; ce sont des mitochondries et des globules lipoïdes colorables par le Sudan III, le Scharlach R et l'acide osmique. Le chlorure de cadmium communique à ces globules une teinte jaune foncé, *réaction spécifique*, sur laquelle nous reviendrons ailleurs. Cette cellule granuleuse ou « cellule à graisse » s'agrandit vers la fin de la vie fœtale et fait saillie à l'intérieur de l'alvéole; nous la retrouverons chez l'adulte avec les mêmes caractères morphologiques, le même aspect granuleux, les mêmes globules lipoïdes à réaction cadmiophile.

PARASITOLOGIE. — *Sur* Cyrillia angustifrons *Rond.*, *Tachinaire parasite d'un Isopode terrestre.* (Metaponorthus pruinosus *Brandt.*) Note de M. **W. R. Thompson**, présentée par M. E. L. Bouvier.

Pendant l'hiver 1919-1920, j'ai trouvé dans des Cloportes que j'ai ramassés dans deux endroits du département du Gers (Auch, Ornézan) des larves d'un Diptère parasite qui me paraissaient différentes de celles que j'avais observées dans d'autres localités. Au commencement du mois de mai de cette année, j'ai remarqué, parmi un petit lot des Isopodes en question, un individu mort et dans le corps duquel on pouvait voir, par transparence, une grande larve parasite. Deux jours plus tard, c'est-à-dire, le 5 mai, le parasite s'est empupé dans le corps de son hôte : l'éclosion de l'insecte parfait a eu lieu le 19 du même mois. J'ai envoyé l'échantillon aussitôt à M. le Dr Villeneuve et il l'a déterminé comme *Cyrillia angustifrons* Rondani, Tachinaire excessivement rare dont même M. Villeneuve n'avait vu jusque là qu'un seul individu, provenant de Suisse (Sion, Valais). La biologie de ce diptère était tout à fait inconnue.

D'autre part, les Cloportes qui servent d'hôtes à ce parasite intéressant ont été déterminés par M. le Dr Racovitza comme *Métaponorthus pruinosus* Brandt (1).

Au Stade I la larve de *Cyrillia angustifrons* Rond. présente une armature bucco-pharyngienne divisée en deux parties, une partie antérieure formée d'un crochet médian impair qui se termine en avant en deux dents aiguës et recourbées, la dent supérieure étant deux fois plus grande que la dent inférieure. La région postérieure de l'armature présente, comme celles de toutes les larves primaires des diptères parasites des Cloportes que j'ai rencontrées, des tiges allongées et grêles, à peu près dix fois plus longues que larges chez *Cyrillia angustifrons*. Les ailes supérieure et inférieure, et la pièce basilaire qui est soudée avec la région intermédiaire, sont parallèles et de la même longueur. L'angle supéro-antérieur de l'aile supérieure est un peu produit en avant en angle aigu. Les antennes sont filiformes, allongées et grêles. La cuticule est garnie de petites écailles brunâtres.

Au Stade II, la forme de l'armature buccale ressemble à celle dont j'ai

---

(1) Je tiens à adresser à MM. les Drs Villeneuve et Racovitza, l'expression de ma vive gratitude.

donné une figure dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1917, p. 787 (*fig.* 2). Seulement, ici, l'armature est plus allongée, la région intermédiaire surtout; l'aire supérieure de la pièce basilaire est moins longue et fait avec l'aile inférieure un angle plus ouvert; enfin les dents des crochets latéraux sont plus allongées et plus grêles, rapprochées entre elles de façon que, lorsqu'on regarde la larve par la face dorsale, il paraît au premier abord n'y avoir qu'un crochet médian unique.

Au Stade III, l'armature buccale ressemble à s'y méprendre à celle de la larve tertiaire que j'ai décrite dans le travail déjà cité (*loc. cit.*, *fig.* 7). Les stigmates antérieurs portent chacun de 5 à 7 papilles stigmatilleuses : les stigmates postérieurs, portés sur l'extrémité d'une protubérance cylindrique du corps, sont petits et paraissent être pourvus chacun de trois fentes stigmatiques courtes et droites.

L'appareil respiratoire de la nymphe ne comprend qu'une paire de stigmates internes, comme chez les Sarcophagides et quelques rares Tachinaires (*Meigenia floralis*); les cornes prothoraciques font défaut chez cette espèce.

Comme toutes les larves parasites des Cloportes que j'ai observées, la larve du *Cyrillia angustifrons* se met en relation avec l'air extérieur par le moyen d'une gaine tégumentaire primaire formée d'une invagination de la paroi du corps de l'hôte autour de l'extrémité postérieure de la larve du Tachinaire. Comme je l'ai déjà dit, les larves s'empupent dans le corps du Cloporte.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le dosage de la tyrosine et des acides aminés bibasiques dans les protéiques de la levure.* Note de MM. **Pierre Thomas** et **André Chabas**, présentée par M. E. Roux.

L'un de nous a signalé antérieurement l'existence dans la levure de deux substances protéiques, une albumine, la cérévisine, et une phosphoprotéine, la zymocaséine ([1]). Ces deux corps sont riches en tryptophane ([2]) et la cérévisine se distingue par une teneur en lysine particulièrement élevée.

Nous nous sommes proposé de déterminer leur richesse en tyrosine et en acide aspartique et glutamique.

([1]) P. Thomas, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 2024.

([2]) P. Thomas, *Bull. Soc. Chimie biologique*, t. 1, 1914, p. 67.

1° *Dosage de la tyrosine.* — Il est d'un grand intérêt de pouvoir opérer les dosages d'acides aminés sur des quantités aussi petites que possible de protéique, aussi avons-nous d'abord donné la préférence aux méthodes colorimétriques. En opérant selon les données de Folin et Denis ([1]), nous avons obtenu des chiffres très élevés, soit :

Pour la cérévisine...............................	6,77 pour 100.
Pour la zymocaséine..............................	7,54 —

Cette méthode fournit d'ailleurs toujours des résultats par excès. Nous avons alors essayé d'utiliser la réaction de Millon, qui donne, ainsi que nous nous en sommes assurés, des résultats exacts avec les solutions étendues des divers phénols, y compris la tyrosine. Malheureusement, cette réaction est influencée par de nombreux facteurs, au premier rang desquels il faut placer l'acide sulfurique ou les sulfates. En présence de ceux-ci, la coloration rouge est beaucoup plus intense et se manifeste beaucoup plus rapidement. En éliminant le mieux possible les causes d'erreur par un procédé qui sera indiqué ultérieurement, nous sommes arrivés aux résultats suivants :

Pour la cérévisine...............................	7,33 pour 100.
Pour la zymocaséine..............................	4,23 —

Il paraît donc nécessaire d'opérer par pesée directe de la tyrosine extraite d'une hydrolyse portant sur une quantité assez notable de protéique (20^g au moins). En raison de la teneur élevée de la cérévisine en lysine (près de 10 pour 100), il faut éliminer au préalable les acides diaminés, ce que nous avons fait en suivant la technique d'Abderhalden et Fuchs ([2]). On trouve ainsi les valeurs :

Pour la cérévisine.............	4,13 pour 100
Pour la zymocaséine...........	2,85 »

Nous nous en tiendrons pour l'instant à ces derniers chiffres que nous considérons comme les plus exacts ([3]). Mais nous voulons encore attirer l'attention sur le fait que la teneur de la cérévisine en tyrosine est certai-

([1]) Folin et Denis, *J. of biol. Chemistry*, t. 12, 1912, p. 245.

([2]) Abderhalden et Fuchs, *Zeits. physiol. Chemie*, t. 83, 1913, p. 468.

([3]) Ces chiffres sont en désaccord avec l'opinion de Schrœder (*Beitr. chem. Physiol. u. Pathol.*, t. 2, 1902), qui pensait que la tyrosine ne peut exister dans les protéiques de levure qu'en très faible quantité.

nement plus élevée que celle de la zymocaséine. Le même résultat ressort des déterminations colorimétriques faites par nous avec la réaction de Millon, tandis qu'un résultat opposé semble devoir être déduit de la méthode Folin-Denis. C'est que les réactions colorimétriques, en dépit des assertions des auteurs américains, ne donnent pas seulement la tyrosine, mais fournissent un coefficient global, dont la détermination est d'ailleurs utile pour la caractérisation des protéiques. Ce sera, si l'on veut, l'*indice phénolique*, ou l'*indice de Millon* du protéique étudié.

2° *Dosage de l'acide glutamique.* — Ce dosage a été fait par le procédé classique en isolant l'acide, après hydrolyse, à l'état de chlorhydrate très soluble dans l'acide chlorhydrique. Nous voulons seulement attirer l'attention sur une cause d'erreur assez importante. La cristallisation de chlorhydrate d'acide glutamique est accompagnée de celle de chlorhydrate d'ammoniaque (résultant de l'ammoniaque produit pendant l'hydrolyse) également très peu soluble dans HCl concentré. Comme il y a en même temps entraînement de substances moins riches en azote, on peut, en analysant ce corps impur, tomber sur un chiffre d'azote très voisin de celui du chlorhydrate d'acide glutamique et commettre une erreur par excès en basant le dosage sur la pesée des cristaux obtenus. Il nous a paru plus prudent de soumettre ceux-ci à la cristallisation fractionnée en solution alcoolique et de peser le produit purifié. L'alcool à 96° dissout en effet 6,25 pour 100 de chlorhydrate d'acide glutamique et seulement 0,84 pour 100 de chlorure d'ammonium à la température de 20°.

Nous avons ainsi trouvé :

Pour la cérévisine............	6,26 pour 100
Pour la zymocaséine...........	0,94 »

D'autre part, il convient de chasser la totalité de l'ammoniaque des liquides d'hydrolyse par ébullition avec la magnésie avant de saturer de gaz chlorydrique pour opérer la précipitation de l'acide glutamique.

3° *Dosage de l'acide aspartique.* Nous avons pensé que la teneur exceptionnellement faible des protéiques de levure en acide glutamique était compensée par une richesse relative en acide aspartique, et nous avons procédé à la recherche de cet acide. Nous avons obtenu, aussi bien avec la cérévisine qu'avec la zymocaséine, des quantités de sels de baryum correspondant à des teneurs qui ne dépassent pas 1 pour 100. Il faudrait dans ces conditions,

pour avoir des chiffres exacts, procéder à l'hydrolyse de quantités de protéiques plus élevées que celles dont nous disposons.

Il n'en reste pas moins, et c'est le point intéressant, que ces deux protéiques, bien que d'origine végétale, ont une teneur très faible en acides monaminés bibasiques, comparable seulement à celle de protéiques animaux comme l'élastine ou certaines kératines.

TOXICOLOGIE. — *Sur l'action toxique du sulfure d'éthyle dichloré.* Note de MM. **A. Mayer**, **H. Magne** et **L. Plantefol**, présentée par M. Henneguy.

En outre de l'action locale qu'il exerce sur les tissus avec lesquels il est en contact, le sulfure d'éthyle dichloré a une action toxique générale dont nous avons analysé les modalités, et qui est si caractéristique qu'elle nous a permis d'identifier ce corps au moment de son emploi comme arme de combat.

Le sulfure d'éthyle dichloré est toxique, quelle que soit la voie par laquelle on l'introduit dans l'organisme (intraveineuse, intrapéritonéale, sous-cutanée, intratrachéale, intra-intestinale). La dose mortelle, quand on l'injecte dans le péritoine, est de $0^g,002$ par kilogramme. L'action nocive n'est pas le fait d'une modification de l'hémoglobine dont les caractères spectroscopiques et la capacité respiratoire ne sont pas altérés. Elle est plus générale et plus profonde. Elle porte sur les principaux appareils de l'économie.

Action sur le système neuro-musculaire. — A très fortes doses, *le sulfure d'éthyle dichloré est un poison convulsivant.* Il détermine des crises typiques; ce sont d'abord des trémulations de groupes musculaires isolés (face, paupières, lèvres, cuisses, paroi abdominale), puis des convulsions de groupes musculaires associés, des secousses; enfin, des actions simultanées de groupes musculaires antagonistes, ayant les caractères de véritables crises épileptiformes, à la vérité souvent sans phase tonique bien nette. La période prémortelle peut être caractérisée par une agitation particulière de la tête. Après des doses moyennes, il n'existe souvent qu'une ébauche de ces phénomènes. Avec de faibles doses, comme il est habituel lorsqu'il s'agit de poisons convulsivants, on observe une action inverse : ce sont d'abord une raideur particulière des membres postérieurs, puis des mouvements singuliers du sujet qui paraît « s'étirer » et surtout un aspect

général de stupeur. Le sujet demeure dans une attitude figée quelquefois pendant des heures. Cette action stupéfiante a été reconnue chez l'homme dès qu'on l'a eu mise en lumière expérimentalement.

Action sur l'appareil circulatoire. — Aussitôt après l'introduction du poison on observe *une chute de la pression artérielle* qui, en 5 à 10 minutes, peut tomber de 16^{cm} à 6^{cm}, de 18^{cm} à 8^{cm}, de 14^{cm} à 5^{cm} de mercure. Cette chute n'est pas le fait d'une action sur le système vaso-moteur. Dans les membres la pression varie parallèlement dans le bout cardiaque et dans le bout périphérique des artères. Dans les organes abdominaux on observe une diminution de volume, mais la courbe pléthysmographique est parallèle à celle de la pression artérielle. La chute de pression est le résultat d'une action directe sur le cœur qu'on peut mettre expérimentalement en évidence. Si l'on fait une circulation artificielle dans un cœur de mammifère isolé, le Lapin par exemple, et qu'on ajoute au liquide nourricier une trace de sulfure d'éthyle dichloré, les mouvements du cœur diminuent progressivement d'amplitude et le cœur s'arrête.

Action sur l'appareil digestif et les glandes annexes. — L'action sur l'appareil digestif est considérable. Le premier phénomème observé chez les intoxiqués est généralement l'apparition *de nausées et de vomissements*. A l'autopsie des animaux qui ont succombé à l'atteinte du poison, on constate des *lésions du tube digestif* et surtout de l'intestin. Aux fortes doses elles sont considérables; c'est une congestion violente qui teint en rouge violacé certaines portions de l'estomac, de l'intestin, surtout du duodénum. Parfois la coloration est uniforme; parfois elle dessine des stries, des plaques. Histologiquement M. Fauré-Fremiet a constaté une congestion violente à la base et au sommet des villosités, une desquamation intense de la muqueuse intestinale et parfois même une désorganisation complète de cette muqueuse qui se trouve infiltrée de leucocytes.

Les animaux intoxiqués bavent abondamment. C'est qu'en effet le *sulfure d'éthyle dichloré a une action marquée sur les glandes annexes du tube digestif*. Si l'on étudie systématiquement cette action en pratiquant des fistules glandulaires, on constate que le *toxique augmente la sécrétion des glandes*. Par exemple la sécrétion de la sous-maxillaire peut passer de cinq à dix-huit gouttes par minute, et celle de la parotide de une à vingt gouttes. Il s'agit d'une action directe sur la glande, car le phénomène se produit même après section des nerfs. La sécrétion du pancréas augmente, mais d'une façon moins marquée, et ce n'est pas le fait d'une action indirecte du chyme acide

passant dans le duodénum, car on observe le phénomène même lorsque le pylore est lié. L'injection du toxique provoque un fort écoulement de bile, mais il s'agit là non d'une véritable sécrétion mais seulement d'une contraction brutale de la vésicule biliaire.

Action sur les éléments figurés du sang. — M. Muratet a signalé le premier, et le fait a été étudié par lui et par M. Jolly dans notre laboratoire, l'action du sulfure d'éthyle dichloré sur les éléments figurés du sang. L'action la plus caractéristique est celle qu'elle exerce sur les globules blancs. On constate d'abord une augmentation suivie d'une *diminution progressive des globules blancs, qui peut aller jusqu'à leur disparition complète dans le sang.* En même temps la formule leucocytaire s'inverse (diminution puis augmentation des lymphocytes par rapport aux polynucléaires).

Cette disparition est due à la destruction progressive des éléments, à une lympholyse. On constate dans le sang et les organes hématopoïétiques des figures caractéristiques de dégénérescence.

Action sur le cours de la lymphe. — Ainsi le toxique provoque une baisse de pression artérielle, une hypoleucocytose, une hypersécrétion glandulaire. Or il existe une classe de corps jouissant de ces propriétés, ce sont les lymphagogues. Il était donc indiqué de rechercher si *le sulfure d'éthyle dichloré est lui aussi lymphagogue.* Or il en est bien ainsi. Si l'on administre le poison à un animal en pleine digestion, le chyle qui s'écoule d'une fistule du canal thoracique change de caractère et de laiteux devient transparent; si le sujet est à jeun, l'écoulement de la lymphe augmente considérablement.

Action sur le métabolisme général et les organes qui l'assurent. — Des actions aussi profondes ne peuvent pas ne pas retentir sur le métabolisme général. La *température des sujets intoxiqués baisse* parfois jusqu'à 35° au moment de la mort. Le phénomène le plus caractéristique est l'*amaigrissement* des sujets atteints; amaigrissement dû sans doute à l'anorexie absolue des intoxiqués, mais surtout à une augmentation véritable de leurs éliminations. Chez des sujets mis au jeûne avant l'intoxication, celle-ci détermine une augmentation des éliminations urinaires en azote total, urée, soufre. D'ailleurs les organes assurant le métabolisme sont profondément atteints; le foie présente des altérations histologiques importantes (cytolyse se traduisant par une modification chimique du tissu); le rein présente lui aussi des lésions de cytolyse souvent très marquée.

Ainsi le sulfure d'éthyle dichloré peut agir comme un toxique général. Si, dans les conditions du combat, c'est par les lésions de la peau, de l'appareil oculaire, et surtout de l'appareil pulmonaire qu'il s'est montré dangereux, et si les symptômes généraux souvent à peine ébauchés n'ont pu être reconnus qu'après que l'étude expérimentale les avait mis en lumière, il n'en est pas moins vrai que, au point de vue pharmacologique, ce corps présente une action très profonde et jouit de propriétés tout à fait remarquables.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essai d'épuration des sérums thérapeutiques.* Note de M. **A. Besredka**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note récente (¹) nous avons montré comment on réussit à insolubiliser les sérums sanguins sans détériorer leurs propriétés biologiques.

En dissolvant une partie de sérum sec dans deux parties d'eau physiologique, on obtient, après chauffage au bain-marie (57°-58°) et dessiccation consécutive, un sérum qui, malgré son aspect normal, n'est presque plus soluble dans l'eau.

Ce sérum qui conserve ses propriétés spécifiques offre l'avantage d'être bien toléré par les animaux en état d'anaphylaxie: sous forme d'émulsion on peut leur en injecter dans la trachée autant qu'il peut en être supporté sans apparition de troubles respiratoires. L'injection dans les veines est dangereuse à cause de la formation possible d'embolies.

Lorsqu'on laisse au repos une émulsion de ce sérum dans l'eau, il se forme deux couches : une inférieure jaunâtre contenant les matières albuminoïdes, l'autre liquide, limpide et presque incolore. $0^{g},5$ de sérum insolubilisé étant mis en suspension dans 10^{cm^3} d'eau, on peut séparer après 24 heures 6^{cm^3} de liquide limpide qui évaporé dans le vide donnent un résidu égal à la dixième partie environ du sérum mis en œuvre.

Le sérum total est très peu toxique pour l'animal anaphylactisé; sa partie liquide, pauvre en protéique, l'est encore bien moins. L'expérience montre, en effet, que l'on peut en injecter directement dans le sang 1^{cm^3} et plus sans provoquer de symptômes anaphylactiques.

Cette constatation est d'autant plus intéressante que cette partie liquide possède à un haut degré des propriétés antitoxiques : il semble que la plus

(¹) *C. R. Soc. Biologie*, t. 83, 17 avril 1920, p. 467.

grande partie de l'antitoxine ait diffusé dans la couche supérieure liquide.

Nos expériences ont porté sur deux sérums antitoxiques, le sérum antidiphtérique et le sérum antitétanique, ainsi que sur le sérum antidysentérique, lequel fera l'objet d'une Note ultérieure. Voici pour fixer les idées le résumé d'une expérience.

Un demi-gramme de sérum antitétanique coagulé, desséché et finement trituré, est émulsionné dans 10^{cm^3} d'eau distillée phéniquée (à 5 pour 1000). Après centrifugation, le lendemain, on obtient une couche supérieure liquide (6^{cm^3}) dont $\frac{1}{100}$ de centimètre cube (ce qui équivaut, étant donnée la dilution, à moins de $\frac{1}{200}$ de centimètre cube de sérum ordinaire) injecté la veille à une souris la protège contre l'inoculation de $\frac{1}{5000}$ à $\frac{1}{10000}$ de centimètre cube de toxine tétanique, dose sûrement mortelle.

Or, la couche inférieure pâteuse qui représente presque la totalité de matières solides du sérum, lavée, ramenée au même volume (6^{cm^3}) par addition d'eau phéniquée, n'empêche pas le tétanos.

Donc, la partie liquide de l'émulsion de sérum se trouve enrichie en anticorps aux dépens de la partie solide.

La partie liquide, chauffée à 100° pendant 15 minutes, reste claire, mais perd complètement son pouvoir antitoxique.

L'antitoxine diphtérique se conserve dans la partie liquide de l'émulsion sérique pendant des mois.

Aux cliniciens de dire si les sérums, épurés par la coagulation et ne déterminant plus le choc anaphylactique chez les cobayes sensibilisés, offrent dans la pratique les avantages que les expériences laissent espérer.

PATHOLOGIE. — *Sur le polymorphisme histologique de certains néoplasmes épithéliaux et les relations des néoformations inflammatoires et des tumeurs cancéreuses.* Note [1] de M. F. **Ladreyt**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le néoplasme qui fait l'objet de la présente Note est constitué par des polypes adénomateux du rectum, dont certains points présentent les tout premiers stades d'une transformation cancéreuse.

La néoformation épithéliale se présente sous la forme de diverticules plus ou moins ramifiés, plus ou moins dilatés, localisés dans un stroma dont

(1) Séance du 21 juin 1920.

la structure est très polymorphe. Le plus souvent, les trophocytes intestinaux sont en régression : ce sont alors de volumineux éléments hyalins, très réfringents dont le pôle basal présente un ou plusieurs fragments nucléaires en caryolyse; quelquefois, au contraire, la cellule paraît atrophiée et son noyau semble constitué par une agglomération de vacuoles claires au point de contact desquelles sont des mottes chromatiques très irrégulièrement découpées. L'hypersécrétion des trophocytes forme des bouchons colloïdes plus ou moins volumineux qui obstruent parfois complètement les tubes adénomateux : d'où la formation de kystes par rétention. Entre ces deux types cellulaires s'intercale la cellule atypique, volumineux élément ovoïde ou polyédrique, dont le cytoplasme vacuolaire ou granuleux présente un énorme noyau hyperchromatique, dont un volumineux nucléole occupe le centre : ces éléments, *très rares dans notre lésion*, n'offrent aucun signe de dégénérescence. L'origine trophocytaire de la cellule atypique me paraît évidente : l'élément épithélial s'hypertrophie, fait hernie à la surface des tubes adénomateux, se greffe directement sur le conjonctif *jeune*, ou se localise dans une lacune du stroma. A partir de ce stade, la morphologie de la cellule cancéreuse est fonction du milieu où elle végète, et sa dédifférenciation paraît traduire l'état d'équilibre de ses constituants cytoplasmiques et nucléaires.

Le polymorphisme structural du stroma est déterminé par les réactions successives du tissu conjonctif et des capillaires sanguins. Dans certaines régions, cette formation est essentiellement constituée par des cellules rondes et fusiformes, au milieu desquelles sont disséminés quelques polynucléaires et de rares cellules plasmatiques : ces îlots de tissu conjonctif jeune délimitent généralement des néoformations épithéliales à peu près normales et sont surtout localisés au voisinage de la base d'implantation du polype. Dans d'autres régions, les processus réactionnels sont plus accusés : le stroma est alors constitué par des fibres conjonctives d'épaisseur variable et souvent si tassées qu'on croirait avoir affaire à un fibrome; parfois, la trame fibrillaire présente des lacunes plus ou moins allongées et c'est alors le schéma macroscopique du squirrhe. La vascularisation sanguine des polypes adénomateux est extrêmement riche; à la périphérie de la tumeur, le nombre des vaisseaux néoformés est souvent si considérable qu'on croirait avoir sous les yeux une coupe d'angiome caverneux. D'une façon générale, les capillaires sont bourrés d'hématies au milieu desquelles on voit quelques leucocytes mono- et polynucléaires; la congestion sanguine paraît être la règle et les hémorragies en nappe avec longues traînées

fibrineuses sont fréquentes. On observe généralement autour des capillaires une gangue collagène vraisemblablement sécrétée par de volumineuses cellules conjonctives, disposées en cercle autour des vaisseaux; c'est au même phénomène que je rattache la genèse du manchon conjonctif développé autour des tubes épithéliaux, Je crois, toutefois, que la sclérose des néoformations épithéliales présente, dans certains cas, une évolution très différente et qu'elle peut être réalisée par la transformation fibrillaire du collagène développé aux dépens de la basale épaissie : ce point a encore besoin d'être précisé.

En résumé, l'examen de certains polypes adénomateux nous a permis d'établir un Tableau histologique qui tient à la fois des processus inflammatoires typiques et des processus néoplasiques. La dilatation et la congestion des vaisseaux, la tuméfaction et la prolifération de l'endothélium des capillaires, la diapédèse des polynucléaires, la précipitation de la fibrine, etc. sont des réactions inflammatoires que nous observons fréquemment dans notre néoplasme; d'autre part, les néoformations inflammatoires dont les caractères évolutifs paraissent, *a priori*, s'opposer très nettement à ceux des néoplasmes présentent d'évidentes affinités avec les tumeurs. C'est ainsi que les cellules géantes de certains Sélaciens peuvent donner naissance à des éléments cancéreux; de même, les lymphadénomes, les lymphadénosarcomes sont le siège d'un processus simultanément inflammatoire et néoplasique et certaines affections (*mycosis fongoïde*, par exemple) de type franchement inflammatoire au début peut se muer en néoplasme. D'où nous concluons : Dans de nombreux cas : 1° les inflammations et les tumeurs ne paraissent pas former deux groupes distincts mais une suite continue; 2° la transformation néoplasique n'est pas une complication mais un stade évolutif de l'affection; 3° les tumeurs bénignes et les tumeurs cancéreuses ne sont pas deux entités distinctes mais les formes évolutives divergentes d'une même lésion.

A 16 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 21 juin 1920.)

Note de Mlle *Paule Collet*, Sur deux modes de rectification des courants par les galènes :

Page 1489, ligne 2, *au lieu de* Mme Paule Collet, *lire* Mlle Paule Collet.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-DIXIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1920.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 170.

A

ANATOMIE.

ASTRONOMIE.

B

BACTÉRIOLOGIE.

BIOLOGIE.

BOTANIQUE.

C

CHIMIE BIOLOGIQUE.

CHIMIE INORGANIQUE.

CHIMIE ORGANIQUE.

CRISTALLOGRAPHIE.

D

E

ÉLECTRICITÉ.

F

G

GÉOGRAPHIE.

GÉOLOGIE.

H

I

L

M

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

MÉDECINE.

MÉTÉOROLOGIE.

N

O

PHYSIOLOGIE.

PHYSIQUE.

R

S

T

V

Z

ZOOLOGIE.

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

S

T

U

V

W

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
66317-22 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.